PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2001-156357

(43)Date of publication of application: 08.06.2001

(51)Int.CI.

H01L 43/08 GO1R 33/09

G11B 5/39 G11C 11/15 H01F 10/16 H01L 43/12

(21)Application number: 2000-265663

(71)Applicant:

TOSHIBA CORP

(22)Date of filing:

01.09.2000

(72)Inventor:

SAITO YOSHIAKI

NAKAJIMA KENTARO INOMATA KOICHIRO SUNAI MASAYUKI

KISHI TATSUYA

(30)Priority

Priority number: 11262327

Priority date: 16.09.1999

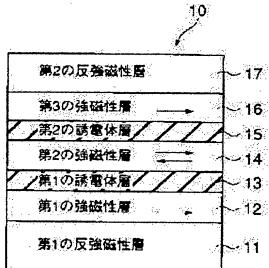
Priority country: JP

(54) MAGNETO-RESISTANCE EFFECT ELEMENT AND MAGNETIC RECORDING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magneto-resistance effect element wherein the increase of an applied voltage for a desired output voltage value causes less decrease in magneto-resistance change ratio, no writing rotates the magnetic moment of a part of the magnetization adhesion layer for gradual drop of an output, and an inversion magnetic field is designed at will.

SOLUTION: A magneto-resistance effect element having a ferromagnetic double tunnel joint is provided where first anti-ferromagnetic layer 11/first ferromagnetic layer 12/first dielectrics layer 13/second ferromagnetic layer 14/second dielectrics layer 15/third ferromagnetic layer 16/second antiferromagnetic layer 17 are laminated. Here, the second ferromagnetic layer 14 of a free layer comprises a Co base alloy or a 3-layer film comprising Co base alloy/Ni-Fe alloy/Co base alloy, with first or third ferromagnetic layer applied with a tunnel current.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

公 概(A) # 华 噩 4 . 2

特開2001-156357 (11) 特許出置公開每中

(P2001-156357A)

(43) 小曜日 牙供13年6月8日(2001 6.8)

		CINCL DENT (CE)	(6.0.1002) H & H (2001: 0: 0)
(51) Int.Cl.	40000000000000000000000000000000000000	I da	デーマコート"(参考)
H01L 43/08		H01L 43/08	2
G01R 33/09		G11B 5/39	
G11B 5/39		G11C 11/15	
G11C 11/15		H01F 10/16	
H01F 10/16		H01L 43/12	
		審査請求 未耐水 請求項の数11 OL (全26 頁)	3 頁) 最終頁に続く

000003078

神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番炮 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 式会社東芝研究開発センター内 休式会社東芝 **水平型 中田** (11) 田間((72) 発明者 **俸間2000-265663(P2000-285663)** 平成11年9月16日(1999.9.16) 平成12年9月1日(2000.9.1) 特爾平11-262327 (31)優先権主選番号 (21) 田野麻中 (22) 出版日 (32)優先日

中來川環川嘅市森区小向東芝町1#地 株 式会社東芝研究開発センター内 **井理士 龄江 政部** 100058479 (74) 代理人

子島 數大郎

(72)発明者

日本(JP)

(33)優先権主張国

(子6年)

最低四口版人

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子および磁気配縁素子

[鼎却] 所望の出力電圧値を得るために印加電圧を増 やしても磁気抵抗変化率があまり減少せず、費き込みに よって磁化固落局の一部の磁気モーメントが回転して出 力が徐々に低下する問題がなく、さらに反転磁場を自由 に設計できる磁気抵抗効果素子を提供する。

金またはCo装合金/Ni−Fe合金/Co装合金の三 [解決手段] 第1の反動磁性層(11)/第1の強磁 性弱 (12) / 第1の誘電体弱 (13) / 第2の強磁性 て、フリー扇である第2の強磁性層(14)がCo基合 唇膜からなり、第1ないし第3の強磁性層にトンネル電 際 (14) /第2の誘電体層 (15) /第3の強磁性層 (16) / 第2の反強磁性層 (17) が積層された強磁 性二氏トンネル接合を有する磁気抵抗効果紫子であっ

第2の反強磁性層 第1の反強磁性層 /第2の誘電体層 第2の強磁性層 /第1の誘電体層 第3の強磁性層 第1の強磁性層

磁気抵抗効果素子も び磁気配録素子

5 7

体開2001-1563

[学歴記状の徳歴]

Fe合金/Co装合金の三層版からなり、前配第1ない [副求項1] 第1の反強磁性層/第1の強磁性層/第 1の該領体層/将2の強磁性層/第2の誘電体層/第3 の強磁性層/第2の反強磁性層が積層された強磁性二重 トンネル接合を有する磁気抵抗効果素子であって、前配 第2の強磁性層がCo基合金またはCo基合金/Ni-し第3の強磁性層にトンネル電流を流すことを特徴とす 5.磁気抵抗効果器子。

[請求項2] 第1の強磁性層/第1の誘電体層/第2 の移電体層/第4の強磁性層が積層された強磁性二重ト ンネル接合を有する磁気抵抗効果器子であって、前配筋 1および第4の強磁性層がCo 基合金またはCo 基合金 /Ni-Fe合金/Co基合金の三層膜からなり、前記 **第1ないし第4の強磁性層にトンネル電流を流すことを** の遠磁性層/第1の反動磁性層/第3の強磁性層/第2 特徴とする磁気抵抗効果素子。

【群求項3】 第1の反強磁性陽/第1の強磁性隔/第 1の誘孔体局/第2の強磁性局/第2の反強磁性層/第 3の強磁性層/第2の誘電体層/第4の強磁性層/第3 の反強磁性層が積層された強磁性二重トンネル接合を有 する磁気抵抗効果素子であって、前配第1および第4の 強磁性層または前配第2 および第3の強磁性層がCo基 合金またはCo基合金/Ni-Fe合金/Co基合金の 三層膜からなり、前記第1ないし第4の強磁性層にトン ネル電流を流すことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

の演磁性層/第1の非磁性層/第3の強磁性層/第2の **単性層が積層された強磁性二瓜トンネル接合を有する磁** 第4の強磁性附が非磁性弱を介して反強磁性結合してお なり、前記第1ないし第5の強磁性層にトンネル電流を [耐水項4] 第1の強磁性扇/第1の誘電体駒/第2 非磁性層/第4の強磁性層/第2の誘電体層/第5の強 り、前記第1および第5の強磁性障がCo基合金または Co基合金/NiーFe合金/Co基合金の三層版から 気低抗効果素子であって、互いに隣り合う第2、第3、 流すことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

-Fe合金/Co 指合金の三層版の版厚が、1~5 n m であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに 【静水項5】 前記Co基合金またはCo基合金/Ni

項1ないし4のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子とを 【閻水項6】 トランジスタまたはダイオードと、閻水 記載の磁気抵抗効果素子。

具備したことを特徴とする磁気記録案子。

項1または3に記載の磁気抵抗効果素子とを具備した磁 【樹水項7】 トランジスタまたはダイオードと、 藺求 気配録素子において、前記磁気抵抗効果素子の少なくと 6 段上層の反強磁性層がピットラインの一部を構成して いることを特徴とする磁気記録紫子。

と、第1の誘電体隔と、磁化方向が反転可能な磁気配録 【請求項8】 磁化方向が固着された第1の磁化固着層

る2つの磁性層が反強磁性結合しており、前記2つの磁 化固着局の誘電体局に接する領域の磁化が実質的に反平 **局と、第2の誘電体障と、磁化方向が固着された第2の** 磁化固着層とを有し、前配磁気配録層が、磁性層、非磁 性層、および磁性層の三層膜を含み、散三層膜を構成す 行であることを特徴とする磁気記録紫子。 [請求項9] 磁化方向が固着された第1の磁化固着隔 と、第1の誘電体層と、磁化方向が反転可能な磁気記録 **船と、第2の誘電体器と、磁化方向が固着された第2の** 磁化固着層とを有し、前配磁気配録隔が、磁性層、非磁 る2つの磁性層が反強磁性結合しており、前記第2の磁 化固着局が、磁性層、非磁性層、および磁性層の三層膜 を含み、該三層膜を構成する2つの磁性層が反強磁性精 の磁化固着層および前配磁気配線層の長さよりも長く形 る領域の磁化が実質的に反平行であることを特徴とする 性局、および磁性局の三層膜を含み、散三層膜を構成す 合しており、前記第1の磁化固着層の長さが、前記第2 成されており、前記2つの磁化固着層の誘電体層に接す 2

る前記第1または第2の磁化固着粉を通して前記磁気記 録層にスピン電流を供給するとともに、售き込み用の配 **級に電流を流して前記磁気記録層に電流磁界を印加する** 【構水項10】 請水項8記載の磁気記録案子を構成す ことを特徴とする磁気記録素子への酢き込み方法。 20

【精水項11】 精水項1ないし4のいずれかに記載の 磁気抵抗紫子を具備したことを特徴とする磁気センサー または磁気ヘッド。 22

[発明の詳細な説明]

[0001]

[発明の属する技術分野] 本発明は強磁性二重トンネル 接合を有する磁気抵抗効果素子、およびそれを用いた磁 気配録紫子に関する。

[0002]

れ、使用温度範囲が広いという特徴があるため、磁気へ ッドや磁気センサーなどに用いられ、最近では磁気記録 寮子(磁気抵抗効果メモリ、MRAM)なども試作され 【従来の技術】 磁気抵抗効果は強磁性体に磁場を印加す ると電気抵抗が変化する現象である。この効果を利用し た磁気抵抗効果素子(MR素子)は、温度安定性に優 32

は、外部磁界に対する癌度が大きいこと、および応答ス るようになってきている。これらの磁気抵抗効果素子 ピードが湛いことが野求される。 【0003】近年、2つの強磁性層の間に誘電体層を挿 ネル電流を利用する磁気抵抗効果紫子、いわゆる強磁性 入したサンドイッチ膜を有し、膜面に垂直に流れるトン 20%以上の磁気抵抗変化率を示す(J. Appl. P TMR)が見出されている。強磁性トンネル接合案子は hys. 19, 4124 (1996)) ため、磁気ヘッ トンネル接合素子(トンネル接合型磁気抵抗効果素子、 45

ドや磁気抵抗効果メモリへの応用の可能性が高まってき

20

<u>'</u>

た。しかし、この強磁性一重トンネル接合素子では、所 習の出力電圧値を得るために印加電圧を増やすと、磁気 氐抗変化率がかなり減少するという問題がある(P h y s. Rev. Lett. 74, 3273 (199

一方の強磁性層に接して反強磁性層を設け、この強磁性 帝を磁化固着層とした構造を有する強磁性一重トンネル 所景の出力電圧値を得るために印加電圧を増やすと、磁 **豊気抵抗効果素子においては、スピン偏極共鳴トンネル** [0004]また、強磁性一重トンネル接合を構成する 接合素子が提案されている(特閒平10-4227)。 [0005] — 1. Fe/Ge/Fe/Ge/Feとい う情層構造を形成した強磁性二重トンネル接合を有する **効果により大きなMR変化率が得られることが理論的に** 子想されている (Phys. Rev. B56, 5484 (1997))。しかし、これらは低温 (8K) での粘 **乳であり、窒温で上記のような現象が起こることは予想** AINなどの誘電体を用いていない。また、上記構造の が回転する結果、出力が徐々に低下するという問題があ しかし、この勤磁性一重トンネル接合素子でも同様に、 強磁性二重トンネル接合素子は、反強磁性局でピンされ た強磁性層がないため、MRAM等に使用すると何度か の作き込みによって磁化固着層の一部の磁気モーメント されていない。なお、この例ではA1₂03、Si0g 気頂抗変化率がかなり減少するという問題がある。

ドや磁気抵抗効果メモリへの応用が明待されている。特 込みによって磁化固発層の一部の磁気モーメントが回転 ため、電流磁界によって磁気モーメントを反転させるた [0006] さらに、磁性粒子を分散させた誘電体層を 含む強磁性多重トンネル接合素子が提案されている(P hys. Rev. B56 (10), R5747 (199 7));応用磁気学会誌23,4-2,(1999); 9 (1998))。これらの紫子でも20%以上の磁気 に、強磁性二重トンネル接合落子は、印加電圧を増やし しかし、これらの素子でも、反強磁性層でピンした強磁 する結果、出力が徐々に低下するという問題がある。ま 9), 2829 (1998)) では、誘電体層に挟まれ Appl. Phys. Lett. 73 (19), 282 抵抗変化率が得られるようになったことから、磁気ヘッ 性層がないため、MRAM等に使用すると何度かの售き た、連続版からなる強磁性層を用いた強磁性二重トンネ ル接合器子 (Appl. Phys. Lett. 73 (1 めの反転磁場を自由に設制できないという問題があるう えに、磁証の大きいCo等を加工すると保磁力が大きく ても磁気低抗変化率の減少が小さいという利点がある。 た強磁性層がCo. 'NissFeaなどの単層膜からなる

[0012]

応用する場合、配線(ビット線またはワード線)に配流 【0007】 幼磁性トンネル接合素子をMRAMなどに なるという問題もあった。

(フリー層、磁気記録層) に外部磁界 (電流磁界) を印 加して磁気記録局の磁化を反転させる。しかし、メモリ セルの縮小とともに磁気記録局の磁化の反転に要する磁 界(スイッチング磁界)が増加し、普き込みのために配 粮に大電流を流す必要がある。このため、MRAMの記 は、電流磁界による書き込み時に配線に流す電流密度が 憶容畳の増大とともに、俳き込み時の消費電力が増加す を流すことにより、磁化が固定されていない強磁性層 る。例えば、1Gb以上の高密度MRAMデバイスで 8

増大し、配線が溶験するという問題が生じるおそれもあ 【0008】このような問題に対処する1つの方法とし て、スピン偏極したスピン電流を注入し、磁化反転を行

Mat., 202 (1999) 157) 。 しかし、スピ ン電流を注入して磁化反転を行う方法では、TMR素子 を流れる電流密度が大きくなり、トンネル絶縁層が破壊 されるおそれがある。しかも、スピン注入に適した紫子 15 t., 159 (1996) L1; J. Mag. Mag. う試みがなされている(J. Mag. Mag. Ma 構造は未だ提案されていない。

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、所望 の出力電圧値を得るために印加電圧を増やしても磁気抵 抗変化率があまり減少せず、費き込みによって磁化固著 **樹の一部の磁気モーメントが回転して出力が徐々に低下** する問題がなく、さらに強磁性層のモーメントを反転さ せるための反転磁場を自由に設計できるトンネル接合型 の磁気抵抗効果素子および磁気記録素子を提供すること 23

【0010】本発明の他の目的は、メモリセルの縮小に 伴う磁気記録房の磁化を反転させるための反転磁場の増 加を抑制できるトンネル接合型の磁気抵抗効果素子およ び磁気記録素子を提供することにある。 ಜ

[0011] 本発明のさらに他の目的は、スピン注入に 密度を抑えることができる磁気記録素子およびこの磁気 適した構造を有し、配線およびTMR素子に流れる電流 記録素子への哲き込み方法を提供することにある。 [騾題を解決するための手段] 本発明の第1の磁気抵抗 の誘乳体局/第2の強磁性層/第2の誘乳体局/第3の ンネル接合を有する磁気抵抗効果素子であって、前記第 2の強磁性層がC。基合金またはC。基合金/NiーF e 合金/C o 装合金の三層膜からなり、前記第1ないし 効果素子は、第1の反強磁性層/第1の強磁性層/第1 **幼磁性弱/第2の反強磁性弱が積弱された強磁性三重ト** 第3の強磁性層にトンネル電流を流すことを特徴とす

50 反強磁性層/第3の強磁性層/第2の誘電体層/第4の の強磁性隔/第1の誘電体局/第2の強磁性層/第1の [0013] 本発明の第2の磁気抵抗効果素子は、第1

Co基合金の三層版からなり、前配第1ないし第4の強 **強磁性層が積層された強磁性二重トンネル接合を有する 磁気抵抗効果素子であって、前配第1および第4の勤磁** 性層がCo基合金またはCo基合金/Ni-Fe合金/ 磁性層にトンネル電流を流すことを特徴とする。

された強磁性二重トンネル接合を有する磁気抵抗効果素 第2 および第3の強磁性弱がC。基合金またはC。基合 金/Ni-Fe合金/Co場合金の三層版からなり、前 記券1ないし第4の遺磁作器にトンネル電流を流すこと [0014] 本発明の第3の磁気抵抗効果素子は、第1 の反強磁性層/第1の強磁性層/第1の誘電体層/第2 の強磁性層/第2の反強磁性層/第3の強磁性層/第2 の該電体層/並4の強磁性層/第3の反強磁性層が積層 汗であって、前配第1および第4の強磁性層または前配

強磁性二重トンネル接合を有する磁気抵抗効果素子であ **歴性層を介して反強磁性結合しており、前記第1および** [0015] 本発明の第4の磁気抵抗効果素子は、第1 の油磁性層/第1の誘電体層/第2の油磁性層/第1の 非磁性層/第3の強磁性層/第2の非磁性層/第4の強 **磁性層/第2の誘電体層/第5の強磁性層が積層された** って、互いに降り合う第2、第3、第4の強磁性層が非 Fe合金/Co碁合金の三層版からなり、前配第1ない し第5の強磁性層にトンネル電流を流すことを特徴とす 第5の強磁性層がCo基合金またはCo基合金/Ni-

[0016] 本発明の磁気抵抗効果素子においては、前 記Co場合金またはCo場合金/Ni-Fe合金/Co 基合金の三層版の膜厚が、1~5mmであることが好ま

たはダイオードと、 第1ないし第4のいずれかの磁気抵 【0017】本発明の磁気配線紫子は、トランジスタま 坑効果素子とを具備したことを特徴とする。

たはダイオードと、第1または第3の磁気抵抗効果装子 紫子の少なくとも最上層の反強磁性層がビットラインの とを具備した磁気配録器子において、前配磁気抵抗効果 【0018】本発明の磁気配録索子は、トランジスタま -- 都を構成していることを特徴とする。

同済された第1の磁化固着層と、第1の誘電体層と、磁 【0019】 本発明の他の磁気記録器子は、磁化方向が 磁化方向が周滑された第2の磁化周滑層とを有し、前配 磁気配料層が、磁性層、非磁性層、および磁性層の三層 **指合しており、前記2つの磁化固発層の誘電体層に接す** 版を含み、該三層版を構成する2つの磁性層が反強磁性 化力向が反転可能な磁気記錄粉と、第2の誘電体器と、 る領域の磁化が実質的に反平行であることを特徴とす

と、磁化方向が反転可能な磁気配線隔と、第2の誘電体 [0020] 本発明のさらに他の磁気記録紫子は、磁化 方向が園剤された第1の磁化園着層と、第1の誘電体層

5 7

特開2001-1563

磁気抵抗効果素子4. び磁気記録素子

し、前記磁気記錄局が、磁性層、非磁性層、および磁性 图の三層版を含み、骸三層脱を構成する2つの磁性層が 反強磁性結合しており、前記第2の磁化固着層が、磁性 **昂、非磁性層、および磁性層の三層膜を含み、該三層膜** を構成する2つの磁性層が反強磁性結合しており、前記 第1の磁化固着層の長さが、前配第2の磁化固着層およ **隔と、磁化方向が固落された第2の磁化固落隔とを有**

び前配磁気配録局の長さよりも長く形成されており、前 記2つの磁化固着層の誘電体層に接する領域の磁化が実

は、磁気配録素子を構成する前配第1または第2の磁化 固着層を通して前配磁気配線局にスピン電流を供給する とともに、也き込み用の配線に電流を流して前記磁気記 【0021】これらの磁気記録紫子への售き込み方法 録層に電流磁界を印加することを特徴とする。 質的に反平行であることを特徴とする。

|発明の実施の形態||以下、本発明に係る磁気抵抗効果 紫子の拈木構造を、図1~図4を参照して説明する。

[0023] 図1に本発明の第1の磁気抵抗効果紫子を 恩11/第1の強磁性陽12/第1の誘電体層13/第 示す。この磁気抵抗効果素子10では、第1の反強磁性 2の強磁性層.14/第2の誘電体層 15/第3の強磁性 **뭔16/第2の反強磁性唇17を積屑して強磁性二重ト** ンネル接合を形成している。この紫子では、第1ないし 第3の強磁性層にトンネル電流を流す。この素子では、

着層)、第2の強磁性層14がフリー層 (MRAMの場 合には磁気記録局)である。第1の磁気抵抗効果素子で 第1および第3の強磁性隔12、16がピン層(磁化固 は、フリー뤔である第2の強磁性隔14がCo基合金

(たとえばCo-Fe、Co-Fe-Niなど) または Co基合金/NiーFe合金/Co基合金の三層膜から

[0024] 図2に木発明の第2の磁気抵抗効果紫子を の反強磁性隔24/第3の強磁性隔25/第2の誘電体 び第4の強磁性層21、27がフリー層 (MRAMの場 示す。この磁気抵抗効果素子20では、第1の強磁性層 21/第1の誘電体局22/第2の強磁性局23/第1 問26/第4の強磁性局27を積局して強磁性二重トン ネル接合を形成している。この紫子では、第1ないし第 4の強磁性層にトンネル電流を流す。この素子では、第 合には磁気配録局)である。第2の磁気抵抗効果素子に 2および第3の強磁性隔23、25がピン層、第1およ おいては、フリー局である第1および第4の強磁性層2 1、27がCo基合金(たとえばCoーFe、CoーF e-Niなど)またはCo基合金/Ni-Fe合金/C 9 32

示す。この磁気抵抗効果素子30では、第1の反強磁性 啜31/第1の強磁性層32/第1の誘電体層33/第 50 2の強磁性層34/第2の反強磁性層35/第3の強磁 【0025】図3に本発明の第3の磁気抵抗効果素子を 0 基合金の三層膜からなる。

が第3の強強性限34、36をピン局として設計した場 一層(MRAMの場合には磁気配線器)になる。第3の 生婦 3 6 / 第 2 の該電体圏 3 7 / 第 4 の強磁性層 3 8 / 第3の反動磁性隔39を積層して強磁性二重トンネル接 合を形成している。この紫子では、第1ないし第4の強 磁性層にトンネル電流を流す。この素子では、第2およ 合には第1および第4の強磁性層32、38がフリー層 および第4の強磁性局32、38をピン層として設計し た場合には第2および第3の強磁性뤔34、36がフリ る、第1および第4の強磁性隔32、38、または第2 (MRAMの場合には磁気記録層)になる。一方、第1 磁気抵抗効果素子においては、フリー層として用いられ および第3の強磁性層34、36のいずれかの組がCo またはCo場合金/Ni-Fe合金/Co基合金の三層 場合金 (たとえばCo-Fe、Co-Fe-Niなど)

の非磁性的 4 4 / 第3 の強磁性隔 4 5 / 第2 の非磁性圏 の強磁性層49を積層して強磁性二重トンネル接合を形 にトンネル電流を流す。また、互いに降り合う第2、第 示す。この磁気抵抗効果素子40では、第1の強磁性層 41/第1の該領体局42/第2の強磁性局43/第1 46/第4の強磁性器47/第2の誘電体隔48/第5 成している。この紫子では、第1ないし第5の前磁性層 46を介して反強磁性結合している。この素子では、第 2 ないし第4の強磁性層43、45、47がピン層、第 1および第5の強磁性層41、49がフリー層 (MRA Mの場合には磁気記録層)である。第4の磁気抵抗効果 素子では、フリー層である第1および第5の強磁性層4 [0026] 図4に本発明の第4の磁気抵抗効果素子を 1、49がCo装合金 (たとえばCoーFe、CoーF e-Niなど)またはCo基合金/Ni-Fe合金/C 3、第4の強磁性層43、45、47は非磁性層44、 0 基合金の三階版からなる。

示す。図5の磁気低抗効果素子では、図4の第3の強磁 を設けた構造すなわち強磁性層45a/反強磁性層50 [0027] 図5に第4の磁気抵抗効果素子の変形例を 性層45の代わりに、その強磁性層の中間に反強磁性層 /強磁性層456の三層膜を形成している。

第2および第4の強磁性图43、47の少なくとも一方 [0028]なお、第4の磁気抵抗効果素子を構成する に接触させて反強磁性層を散けてもよい。

【0029】 本発明に係る強磁性二重トンネル接合を有 電圧が小さい。このため、磁気抵抗変化率の電圧依存性 する磁気抵抗効果素子は、少なくとも2層の誘電体層を **省するので、1つのトンネル接合に実効的に印加される** が顕著ではなく、所望の出力電圧値を得るために印加電 圧を増やしても磁気抵抗変化率の低下が少ないというメ

する磁気抵抗効果素子は、上配の4つの基本構造のいず [0030] 本発明に係る強磁性二重トンネル接合を有

れも、磁化固着層(ピン層)のスピンが反強磁性層また は反強磁性結合により固定されているので、書き込みを 繰り返しても磁化固着層の磁気モーメントが回転するこ とがなく、出力が徐々に低下するという問題を防止でき

は、フリー層(磁気記録局)に磁歪が小さいCo基合金 (CoーFe, CoーFe-Ni等)またはCo 独合金 フリー層は、図1における第2の強磁性層14、図2に おける第1および第4の強磁性層21、27、圏3にお 9 である。このため、反転磁場が小さく抑えられ、電流 磁界を印加するために配線に流す電流を小さくすること ができる。フリー恐にCo装合金/NiーFe合金/C o 基合金の三層膜を用いた場合、各層の膜厚比を変える ける第1および第4の強磁性層32、38、または第2 および第3の強磁性隔34、36のいずれかの組、図4 および図5における第1および第5の強磁性菌41、4 ことによって、反転磁場の大きさを自由に設計できる。 /Ni-Fe合金/Co基合金の三層版を用いている。 [0031]また、水発明に係る磁気抵抗効果紫子で 15

【0032】特に、図3の構造を有する磁気抵抗効果紫 子では、反転磁場は磁性体の保磁力ではなく磁性体/反 **強磁性体の界面に生じている交換磁場で決定される。そ** 合金組成を変えることによって自由に散計できるという 1、39ならびに第2の反強磁性隔35の種類、膜障、 して、この交換磁場は第1および第3の反強磁性局3 ຂ

つの基本構造のうちでも好ましい特性を示す。また、図 3の構造は、加工寸法がサブミクロンになり、接合而積 ち、加工寸法がサブミクロンになった場合には、밥き込 磁場のばらつきを回避できる。このため、紫子の歩留り 利点がある。このため、図3の基本構造は、上述した4 み磁場が加工ダメージやフリー層 (磁気配線層) のドメ て、図3の構造のようにフリー層(磁気配縁層)に接し て反強磁性層が設けられている場合、밤き込み磁場を交 換磁場に基づいて設計することができるため、皆き込み が非常に小さくなった場合に特に有効である。すなわ インの影響によってばらつきやすくなる。これに対し も著しく向上することができる。

[0033] 一方、本発明の磁気抵抗効果素子を微細加 エする際に、加工物度を上げるためには金体の戦厚が蒋 いことが好ましい。この点では、図2、図4または図5 [0034] 次に、本発明の磁気抵抗効果紫子を構成す ーFe, Co−Fe−Ni等)またはCo括合金/Ni r, Ir, W, Mo, Nbなどの非磁性元素を多少添加 50 してもよい。本発明の磁気抵抗効果素子は、磁気抵抗効 (磁気配録器) には、上述したようにCo 抜合金 (Co のように反強磁性層がなるべく少ない構造が好ましい。 −Fe合金/Co基合金の三階膜が用いられる。また、 これらの合金にAg, Cu, Au, Al, Mg, Si, る各層に用いられる材料について説明する。フリー層 Bi, Ta, B, C, O, N, Si, Pd, Pt, Z 45

果型磁気ヘッド、磁気記録素子、磁界センサー等に適用 することができ、これらの用途ではフリー層に一軸異方 性を付与することが好ましい。

豊間したときに、反転磁場が1000eを超えるため配 mが好ましく、0.5~50nmがより好ましく、1~ 5 nmが股も好ましい。フリー唇の厚さが1 nm未満に なると、フリー弱が連結膜にならず、誘電体層中に強磁 生粒子が分散した、いわゆるグラニュラー構造となるお それがある。この結果、接合特性の制御が困難になりス イッチング磁場がばらつくおそれがあるうえに、微粒子 の大きさによっては室温で超常磁性となりMR変化率が 極端に低下するという問題も生じる。一方、フリー層の 原さがSnmを超えると、磁気抵抗効果紫子をMRAM が5nmを超えると、M.R 変化率がパイアス電圧の上昇 る。フリー塔の厚さが1~5mmの種間であれば、敷細 化に伴う反応磁場の増大およびMR変化率のパイアス依 【0035】フリー扇の厚さは、0. 1nm~100n に応川するにあたり例えば 0. 25μmルールで紫子を **版に大電流を流す必要が生じる。また、フリー層の厚き** とともに低下する、いわゆるパイアス依存性が顕著にな **仔性が抑制される。また、フリー層の厚さがこの範囲で** あれば、加工精度も良好になる。

[0036] ピン局の材料は特に制限されず、Fe, C PtMnSbなどのホイスラー合金などを用いることが できる。ピン局は超常磁性にならない程度の厚さが必要 o, Niまたはこれらの合金、スピン分極率の大きいマ N. Si, Pd, Pt, Zr, Ir, W, Mo, Nb 強磁性を失わないかぎり、これら磁性体にAg, Cu, であり、0.4mm以上であることが好ましい。また、 X:Ca,Ba,Sr)などの佼化物、NiMnSb, Au, Al, Mg, Si, Bi, Ta, B, C, O, グネタイト、CrO₂、RXMnO_{3*}(R;希土類、

定したい場合、ピン層として強磁性層/非磁性層/強磁 とによって、磁性層間に反強磁性結合が生じる。非磁性 【0037】なお、反動磁性隔によってピン局を強く固 性層の三層版を用い、非磁性層を介して稍勝された2層 の強磁性層を反強磁性指合させてもよい。非磁性層の材 料は特に限定されず、R u, I r, C r, C uなどの金 耐熱性および反強磁性結合の強さなどを考慮すると、非 磁性層の腹厚は 0. 7~1. 3mmであることがより好 ましい。具体的には、Co(またはCoーFe)/Ru e) /Iェ/Co(またはCo-Fe)などの三層版が **属を用いることができる。非磁性層の膜厚を調整するこ** 弱の膜原は0.5~2.5 n m であることが好ましい。 /Co (またはCo-Fe), Co (またはCo-F

Pt-Mn, Pt-Cr-Mn, Ni-Mn, Ir-M [0038] 反強磁性層の材料としては、Fe-Mn, n, NiO, Fe₂O3などを川いることができる。

[0039] 誘電体層の材料としては、A1₂0₃, Si

特開2001—156357

磁気抵抗効果素子4. 50磁気配線素子

誘電体層は、酸紫、窒素またはフッ紫の欠損が生じてい てもよい。誘咒体局の厚さは特に限定されないが、薄い 方が好ましく、10m叫以下、さらに5m叫以下である SrTiO2, AlLaO3などを用いることができる。 O2, MgO, AIN, Bi2O3, MgF2, CaF2, ことが好ましい。

子を積層してもよく、また磁気抵抗効果紫子の上部に保 【0040】本発明の磁気抵抗効果素子が形成される基 ネル,AINなど各種基板を用いることができる。本発 明においては、基板上に下地層を介して磁気抵抗効果素 ✓Pt、Ta∕Pt、Ti∕Pd、Ta∕Pd、または **馥局を設けてもよい。これらの下地局および保護層の材** 料としては、Ta、Ti、W、Pt、Pd、Au、Ti 板は特に限定されず、Si, SiO₂, Al₂O₃, スピ TiNxなどの窒化物などを用いることが好ましい。

の成膜方法を用いて各層を形成することにより製造する [0041] 本発明に係る磁気抵抗効果素子は、各種ス パッタ法、蒸着法、分子模エピタキシャル法などの通常 ことができる。

た磁気記録素子 (MRAM) について説明する。本発明 [0042]次に、本発明の磁気抵抗効果素子を適用し の磁気抵抗効果紫子を適用するMRAMは、非破壊腱み 出しおよび破壊読み出しのいずれの場合でも、上述した 配流磁界を印加するために配線に流す電流を小さくでき

【0043】具体的なMRAMの形態としては、トラン ジスタ上に強磁性二重トンネル接合素子を積層した構 るという効果を得ることができる。

造、またはダイオードと勁磁性二重トンネル接合紫子と を積層した構造が考えられている。以下で説明するよう トンネル接合紫子を適用し、少なくとも最上層の反強磁 に、これらの構造では特に第1または第3の強磁性二重 性層をビットラインの一部として用いることが好まし

どの非磁性元素を多少添加してもよい。

【0044】図6および図7を参照して、MOSトラン 図6は3×3セルのMRAMの特価回路図、図1は1七 (図1)を積層した構造を有するMRAMを説明する。 ジスタ上に例えば第1の強磁性二重トンネル接合紫子 ルのMRAMの断面図を示す。 32

【0045】図6の等価回路図に示すように、トランジ 出し用のワードライン (WL1) 62と、 哲き込み用の R) 1 0 とからなる記録セルはマトリックス状に配列さ れている。トランジスタ60のゲート電極からなる競み る。また、TMR10の他端(上部)と接続されたビッ スタ60と図1の強磁性二重トンネル接合素子(TM ワードライン (WL2) 71とは平行に配置されてい 40

トライン (BL) 74は、ワードライン (WL1) 62 およびワードライン (WL2) 71と直交して配置され

[0046] 図7に示すように、シリコン基板61、ゲ

ート范極62、ソース、ドレイン領域63、64からな るトランジスタ60が形成されている。ケート間極62 る。ゲート電極62上には絶縁層を介して書き込み用の ワードライン (WL2) 71が形成されている。トラン ン層)16a、16b/第2の反強磁性隔17が積層さ ジスタ60のドレイン領域64にはコンタクトメタル7 2が接続され、さらにコンタクトメタル72には下地隔 13が接続されている。この下地隔13上のむき込み用 (TMR) 10が形成されている。すなわち、下地隔7 層) 12/第1の該電体層13/第2の強磁性層(プリ れている。この例では、ピン悶を16a、16bの二昂 3上に、第1の反強磁性層11/第1の強磁性層 (ピン - 母) 14/第2の誘電体層 15/第3の強磁性層 (ビ で構成している。このTMR10の第2の反強磁性隔1 7 上にビットライン(BL)74の金属唇が形成されて は読み出し用のワードライン(WL1)を構成してい のワードライン (WL2) 71の上方に対応する位配 に、図1に示したような強磁性二重トンネル接合素子

[0047] 図7に示すように、フリー層である第2の /反節磁性層17/金属層の積層体からなっている。な 7 およびピン暦 1 6 b はピットライン 7 4 の一部を構成 している。すなわち、ピットライン14はピン暦16b お、反強磁性関17の下に反強磁性隔17と同一面積の ピン局16bを散けずに、ピットライン74を反勤磁性 **強磁性層14の面積と上部の反強磁性層17およびピン 南166の面積とは異なっており、上部の反動磁性圏1** 原17/金属原で構成してもよい。

性隔17によりピン層16も、16aのスピンをより安 【0048】この構造では、大きな面積を有する反強磁 **啜16b、16aの磁気モーメントが回転することがな** 定に固着することができ、書き込みを繰り返してもピン く、出力の低下を有効に防止できる。 工権度を向上できる。

形成される。従来は、TMR 10のフリー暦14より上 [0049] また、TMR10のフリー局14より上部 の構造は、フリー隔14/第2の誘電体隔15/ピン層 比較的版厚の厚い反強磁性局 17のパターニング工程が 別工程に分離されるので、上記の最初のパターニングで 16 aの成版およびパターニングと、ピン暦16 b/反 強磁性層17/金属層の成膜およびパターニングにより ビットライン金属層の成膜およびパターニングにより形 部の構造は、フリー因14/第2の誘電体局15/ピン **凱磁性トンネル接合部の加工ゲメージを少なくできると** 母16/反殖磁性層17の成膜およびパターニングと、 成されていた。したがって、図7の構造を採用すれば、 は一度に数細加工すべき膜厚を薄くできる。このため、 ともに、加工精度を向上できる。

した構造を有するMRAMを説明する。図8は3×3セ 例えば第1の強磁性トンネル接合素子 (図1) とを積層 【0050】 関8および図9を参照して、タイオードと

ය

ルのMRAMの等価回路図、図9はMRAMの斜視図で

【0051】図8の等価回路図に示すように、ダイオー ド80とTMR10との積層体からなる記録セルはマト リックス状に配列されている。ダイオード80とTMR 10との積層体はワードライン (WL) 91上に形成さ れ、ダイオード80の一端とワードライン (WL) 91 とが接続されている。TMR 1 0 の他端には、ワードラ イン (WL) 91と直交して配置されたピットライン (BL) 92が接続されている。 9 2

その上に下地隔81が形成されている。原子拡散を防ぐ ために金属層とシリコンダイオードとの間にTiNxな どの窒化脱を散けてもよい。この下地層 8 1 上に、図1 [0052] 図9に示すように、ワードライン (WL) 9 1 の金属層上にシリコンダイオード 8 0 が形成され、

10が形成されている。すなわち、下地閉81上に、第 第1の誘電体層13/第2の強磁性層(フリー層)14 / 第2の誘電体图15/第3の強磁性图 (ピン層) 16 この例では、ピン磨を16a、16bの二殆で構成して いる。このTMR10の第2の反強磁性階17上にビッ 1の反強磁性層11/第1の強磁性層(ピン層)12/ に示したような強磁性二重トンネル接合素子 (TMR) a、16b/第2の反強磁性隔11が指房されている。 トライン(BL)92の金属層が形成されている。

【0053】このような構造のMRAMでも、図7を参 **酢き込みを繰り返してもピン励16b、16aの磁気モ** ケーニング工程が別工程に分離されるので、効磁性トン **ーメントが回転することがなく、出力の低下を有効に防** 止できる。また、比較的版厚の厚い反強磁性層 1 7 のバ ネル接合部の加工ゲメージを少なくできるとともに、加 照して説明したのと同様な効果が得られる。すなわち、 b、16aのスピンをより安定に固着することができ、 大きな面積を有する反強磁性周17によりピン局16 22

磁性層/非磁性層/強磁性層の三層版を使用し、非磁性 【0054】なお、MRAMの用途では、フリー層に強 **뤕を介して強磁性層を反強磁性結合させてもよい。この** ような構成では、磁束が三層膜内で閉じているため、電 きに、ピン磨への節磁磁の影響がなくなるとともに、記 録層からの漏れ磁束を小さくできるため、スイッチング 磁界を小さくできる。このため、你き込みによって磁化 因着局の一部の磁気モーメントが回転して出力が徐々に 低下するという問題がなくなる。この構成では、強磁性 層/非磁性層/強磁性層のうち、電流磁界を印加するた めのワード線に近い方の強磁性層を、よりソフトな強磁 い。三層膜を構成する2つの強磁性層の膜原を異ならせ る場合、膜厚の差を 0. 5~5mmの範囲にすることが 流磁界によりフリー層の磁気モーメントを反転させたと 性体で形成するか、膜厚をより厚くすることが好まし

固着層と、第1の誘電体層と、磁化方向が反転可能な磁 る。このMRAMは、磁化方向が固落された第1の磁化 気配鉢粉と、第2の誘電体粉と、磁化方向が固着された 筑2の磁化周許局とを有する強磁性二重トンネル接合器 **つの磁性母が反強磁性結合している。このように2つの** るので、スイッチング磁界を低減でき、配線に流す電流 アップスピン電流またはダウンスピン電流を供給するか および低性層の三層版を含み、この三層膜を構成する2 磁性層が反強磁性結合して磁気配録層で磁束が閉じてい **帯度を低減できる。また、2つの磁化固着層の誘電体層** め、2つの磁化固落層のうちどちらを通して磁気記録隔 に電流を流すかを選択することによって、磁気配録圏に を選択できる。このため、スピン電流の供給方向を変化 このMRAMは、磁気配録扇にスピン間流を供給すると り、配級およびTMR紫子に流す電流密度を抑えること 子を含む。そして、磁気配録内は、磁性層、非磁性層、 き、TMR茶子に流す電流を低減できる。このように、 に接する領域の磁化が実質的に反平行である。このた させて磁気記録腎の磁化を容易に反転させることがで ともに電流磁界を印加するのに適した構造を有してお

強磁性層からなる三層膜を用いてもよい。特に、強磁性 -Fe合金局がfcc (111)配向であり、その上の 【0056】上記の効磁性二重トンネル接合素子を構成 する反馈磁性結合した磁気配録層は強磁性層と非磁性金 に微細加工できるため、強磁性層/非磁性金属層/強磁 性層からなる三層膜であることが好ましい。また、反強 る。反強磁性結合した磁気配線層は腹厚が確い方が容易 金からなる薄いソフト磁性層を挿入すれば、スイッチン 磁性結合した強磁性層として強磁性層/ソフト磁性層/ 粉としてCo,Fe₁₋₁ (0.5≤x<1.0)を用いた 場合、2つのCo.Fel.紹の側に例えばNiーFe合 グ磁界を格段に小さくすることができる。これは、Ni び強磁性層のトータルの磁化の値が小さくなることによ 属格とを交近に指除することによって容易に作毀でき Co.Fe.₂層もfcc (111) 配向となり、Co. Fell自体のスイッチング磁界が低減すること、およ

覧)などが挙げられる。この場合、反強磁性結合の強さ (b) (強磁性層/シフト磁性層/強磁性層)/非磁性 粉/始磁性層、(c) (強磁性層/ソフト磁性層/強磁 住屋) /非磁性層/(強磁性層/シント磁体層/強磁性 ましい。磁化固着膜も、磁気配線隔と同様な積層構造と は0. 5erg/cm²以上とある程度大きいことが好 の例としては、(a)強磁性層/非磁性層/強磁性層、

特開2001-156357

磁気抵抗効果素子も、び磁気配録素子

[0055] 本発明に係る他のMRAMについて説明す

[0057] したがって、反強磁性結合した磁気配線局 し、反強磁性結合させてもよい。

[0058] 図10~図12を参照して、このMRAM

下地層101/炸1の反強磁性隔102/炸1の磁化固 着層103/第1の誘電体層104/強磁性層105 【0059】図10の勤磁性二重トンネル接合素子は、

a、非磁性層105bおよび強磁性層105cの三層膜 からなる磁気記録階105/第2の誘電体唇106/第 2の磁化固着隔101/第2の反強磁性層108/保護 局109を積局した構造を有する。

び強磁性層105cは反強磁性結合している。第1の誘 電休局104に接する第1の磁化固着骨103と、第2 [0060] 磁気記録图105の強磁性图105aおよ の誘題休隔106に接する第2の磁化固着層101は、 それぞれの磁化が反平行になっている。

a、非磁性隔115bおよび強磁性隔115cの三層膜 からなる磁気記録扇115/第2の誘電体局116/強 7 cの三層膜からなる第2の磁化固着路117/第2の 下地層111/第1の反強磁性層112/第1の磁化固 磁性隔117a、非磁性層117bおよび強磁性層11 反強磁性局118/保護魯119を積磨した構造を有す 【0061】図11の強磁性二低トンネル接合紫子は、 着局113/第1の誘電体圏114/強磁性層115

び強磁性隔115cは反強磁性結合している。第2の磁 7 c は反強磁性結合している。第1の誘電体局114に 6に接する第2の磁化固着層117を構成する強磁性層 [0062] 磁気記録图115の強磁性图115aおよ 化固着層 1 1 7 の強磁性層 1 1 7 a および強磁性層 1 1 接する第1の磁化固膏層113と、第2の誘電体層11 117aは、それぞれの磁化が反平行になっている。

を、第2の磁化固着隔117および磁気配線隔115の かも長く形成された第1の磁化固着層 113からの漏れ 【0063】この場合、第1の磁化固着隔113の長き とが好ましい。このような構成では、第2の磁化固着扇 磁束はほとんど影響がないので、隣接する記録圏への静 長さよりも長く形成して金属配線を兼ねるようにするこ 117でも磁気配錄隔115でも磁束が閉じており、し

【0064】図12の強磁性二重トンネル接合素子は、 磁場の影響を低減できる。

24/強磁性層125a、非磁性層125bおよび強磁 3 a、非磁性图123bおよび強磁性图123cの三層 の反強磁性隔128/保護磨129を積磨した構造を有 下地局121/第1の反強磁性層122/強磁性層12 版からなる第1の磁化固着層123/第1の誘電体層1 性局125cの三層膜からなる磁気記録局125/第2 の誘電体局126/強磁性局127a、非磁性局127 b、強磁性層127c、非磁性層127d、強磁性層1 276の五局膜からなる第2の磁化固着粉127/第2 \$

に用いられる歯磁性二爪トンネル接合素子の例を説明す 50 び歯磁性隔125cは反歯磁性結合している。第1の磁 【0065】磁気記録局125の強磁性層125aおよ

4に接する第1の磁化固着層123を構成する強磁性層 の磁化が反平行になっている。この場合も、図11と同 **着層117および磁気配線層115の長さよりも長く形** 化周存塔123の強磁性塔123aおよび強磁性塔12 123cと、第2の誘循体層126に接する第2の磁化 周着母127を構成する強磁性骨127gは、それぞれ 単に、第1の磁化固着隔123の長さを、第2の磁化固 3 c は反強磁性結合している。 第2の磁化固着層 127 の演磁性時127a、強磁性隔127cおよび強磁性隔 127 e は反強磁性結合している。第1の誘電体局11

込まれた金属からなるワードライン152が形成されて 作屋112/第1の磁化固着圏113/第1の誘電体層 [0066] 図13に、図11の強磁性二重トンネル接 合張子を川いたMRAMの断面図を示す。Si装板15 され、その上に金属配線153と強磁性二重トンネル接 含素子 (TMR素子) が形成されている。このTMR素 Fは、図11に示すように下地局111/第1の反動磁 114/強磁性附115a、非磁性隔115bおよび強 磁性層 1.1.5 cの三路膜からなる磁気記録暦 1.1.5/第 7 b および強磁性隔 1 1 7 c の三層膜からなる第2の磁 化岡清陽117/第2の反強磁性層118/保護層11 9を積弱した構造を有する。このTMR紫子は所定の接 合面値となるように加工されており、その周囲には層間 絶縁膜が破膜されている。この層間絶縁膜上には、TM R 落子の保護粉119と接続するピットライン154が 2の該電休層116/強磁性層117a、非磁性層11 1上のSiO2絶線層には清が形成され、この清に埋め いる。ワードライン152.上にはSi0.絶糅局が形成

入するか、または金属配額153から各層を通して磁気 [0067] COMRAMTH, 7-151521 電流を流して磁気記録图 1.1.5 に電流磁界(例えば困難 葡方向)を印加するとともに、ピットライン154から 各層を通して磁気配録層115ヘダウンスピン電流を注 り、磁気配録樹115の磁化を反転させて書き込みを行 MR紫子に流すスピン電流を低減するとともに配線(ワ う。このように、磁気記録層115にスピン電流を注入 するとともに電流磁界を印加して售き込みを行えば、T したがって、1Gb以上のMRAMでも、配線の溶機ま たはTMR 紫子のトンネルバリア唇 (誘電体層)の破壊 ードライン)に流す電流密度を低減することができる。 記録母115ヘアップスピン電流を注入することによ を抑制することができ、僧頼性を向上できる。

[0068] なお、図13のMRAMでは、ピットライ イン152からの電流磁界とは方向の異なる (例えば容 易柚方向の) 電流磁界を印加するように作用する。この こ、一方で磁気配録器 1.15~注入するスピン電流をよ >154を流れる電流は磁気記録磨115に、ワードラ 方向の犯流磁界を増強するとともにその制御性を向上

り低減するために、図14に示すように、ピットライン 154上に絶縁関155、およびピットライン154と 平行に延びる第2ワードライン156を形成してもよ

い。図14のMRAMでは、TMR紫子に流す電流の向 の変化を併用して、より小さい電流で磁気記録局115 きの変化と、第2ワードライン156に流す電流の向き の磁化の反転を繰り返すことができる。

【0069】次に、本発明の磁気抵抗効果紫子を適用し た磁気抵抗効果ヘッドについて説明する。

01は、磁気ディスク装置内の固定軸に固定されるため 【0070】図15は本発明に係る強磁性二重トンネル の穴が散けられ、図示しない駆動コイルを保持するポビ ン部等を有する。アクチュエータアーム201の一端に 接合素子を含む磁気抵抗効果ヘッドを搭載した磁気ヘッ ドアセンブリの斜視図である。アクチュエータアーム2 2

ドスライダ203が取り付けられている。また、サスペ ンション202には信号の합き込みおよび競み取り用の はサスペンション202が固定されている。 サスペンシ ョン202の先端には上述した各形態の効磁性二瓜トン ネル接合素子を含む磁気抵抗効果ヘッドを搭載したヘッ リード級204が配線され、このリード線204の一端 はヘッドスライダ203に組み込まれた磁気抵抗効果へ ッドの各電優に接続され、リード線204の他端は電極 パッド205に接続されている。

ペンション202およびその先端のヘッドスライダ20 【0071】図16は図15に示す磁気ヘッドアセンブ りを搭載した磁気ディスク装置の内部構造を示す斜視図 である。磁気ディスク211はスピンドル212に装剤 され、図示しない駆動装置制御部からの制御信号に応答 する図示しないモータにより回転する。図15のアクチ ュエータアーム201は固定軸213に固定され、サス ヘッドスライダ203の媒体対向面は磁気ディスク21 3を支持している。磁気ディスク211が回転すると、

形成されている。

1の表面から所定量得上した状態で保持され、情報の記 録再生を行う。アクチュエータアーム201の基端には リニアモータの1種であるポイスコイルモータ214が 散けられている。ポイスコイルモータ214はアクチュ エータアーム201のポピン部に巻き上げられた図示し ない駆動コイルとこのコイルを挟み込むように対向して 配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路 とから構成される。アクチュエータアーム201は固定 軸213の上下2個所に設けられた図示しないポールベ アリングによって保持され、ポイスコイルモータ214 により回転摺動が自在にできるようになっている。

2および第4の強磁性二低トンネル接合素子 (図1, 図 2および図4)を用いることが好ましく、第1の前磁性 磁場中熱処理により、隣り合うピン扇とフリー扇のスピ 【0072】磁気抵抗効果ヘッドの用途では、第1、第 二重トンネル接合素子を用いることがより好ましい。ま た、磁気抵抗効果ヘッドの用途では、磁場中成膜または 22 45

ば、磁気ディスクからの涸れ磁場に対して積形応答が得 ンをほぼ直交させることが好ましい。このようにすれ られ、どのようなヘッド構造でも使用できる。 [0073]

Si/SiO₂排板またはSiO₂搭板上に図1に示すよ うな構造を有する2種の強磁性二重トンネル接合素子 [実施例] 以下、本発明の実施例について説明する。 (試料Aおよび試料B)を作製した例を説明する。

【0074】 飲料Aは、Ta下地隔、Fe−Mn/Ni ーFeの二帰版からなる第1の反強磁性層、CoFeか 腎、Ni−Fe/Fe−Mnの二層版からなる第2の反 らなる第1の強磁性層、A 1₂O₃からなる第1の誘電体 層、Co₀Feからなる第2の強磁性層、A 1₂O₃から なる第2の誘電体層、CoFeからなる第3の強磁性 強磁性層、Ta保護層を順次積層した構造を有する。

[0075] 試料Bは、Ta下地層、IrーMnからな -Fe/CoFeの三路版からなる第2の遺磁性層、A る第1の反勁磁性層、Co-Feからなる第1の強磁性 の頒磁性層、IrーMnからなる第2の反強磁性層、T 層、A 1₂O₃からなる第1の誘電体層、C o F e ∕ N i 1,0,からなる第2の誘電体層、CoFeからなる第3 a 保護原を肌次積層した構造を有する。

[0076] 獣朴Aは以下のようにして作襲した。 基板 をスパック装置に入れ、初期真空度を1×10-Tor た。 堤板上に、Ta Snm/FeyMn46 20nm CoFe 3nm/Ni,Fe2 5nm/Fe34Mn. r に設定した後、A r を導入して所定の圧力に設定し 1.7 nm/Co,Fe 3 nm/A120, 2 nm/ /Ni,Fe, 5nm/CoFe 3nm/Al203

成膜した後、真空を破ることなく酸器を導入しプラズマ ojは、絶Arガス中でA1ターゲットを用いてA1を 20nm/Ta 5nmを順次積層した。なお、Al 酸紫に味すことによって形成した。

[0077] 上記積層版を成脱した後、フォトリングラ フィ技術により段上部のTa保護層上に100μm幅の F部配線形状を規定する第1のレジストバターンを形成 し、イオンミリング技術を用いて加工した。

後、フォトリングラフィ技術により段上部のTa保護層 【0078】次に、第1のレジストバターンを除去した **上に接合す法を規定する第2のレジストバターンを形成** e-Mn/Taを加工した。第2のレジストバターンを 処したまま、電子ビーム蒸消により厚き300nmのA し、イオンミリング技術を用いて第1のA1,0,より上 1,0,を堆積した後、第2のレジストパターンおよびそ の上のAi203をリフトオフし、接合部以外の部分に弱 띙のCooFe/Al₂Oo/CoFe/Ni−Fe/F 間絶縁膜を形成した。

買う第3のレジストパターンを形成した後、表面を逆ス 50 抵抗変化率の値が半分になる電圧V₁₀が大きく、電圧 [0079] 次いで、電極配線の形成領域以外の領域を

トオフして、AI電極配粮を形成した。その後、磁場中 後、第3のレジストバターンおよびその上のA1をリフ 熱処理炉に導入し、ピン層に一方向異方性を導入した。 バックしてクリーニングした。全面にAIを堆積した

特開2001-156357

磁気抵抗効果素子も、び磁気配線素子

【0080】 試料Bは以下のようにして作製した。 装板 をスパッタ装置に入れ、初期真空度を1×10-7Tor た。 基板上に、Ta 5nm/IraMna 20nm 10 1nm/NigFe2 t (t=1, 2 # td3 nm)/ r に散定した後、A r を導入して所定の圧力に設定し /CoFe 3nm/Al2O31.5nm/CoFe 92

技術により最上部のTa保護層上に接合寸法を規定する 第2のレジストパターンを形成し、イオンミリング技術 【0081】上記積層膜を成膜した後、フォトリングラ フィ技術により最上部のTa保護層上に100μm幅の 下部配積形状を規定する第1のレジストバターンを形成 し、イオンミリング技術を用いて加工した。次に、第1 のレジストパターンを除去した後、フォトリングラフィ 3 nm/lr2Mnn20nm/Ta 5nmを順次積 層した。A1203は上記と同様な方法により形成した。 CoFe 1nm/Al2O3 1.8nm/CoFe

Taを加工した。次いで、上記と同様にして、AL₂O₃ 鬲間絶縁膜の形成、AⅠ電極配線の形成、ピン屠への− を用いて第1のA12Oaより上部のCoFe/NigF e₂/CoFe/A.1₂O₃/CoFe/Ir₂₂Mn₁₃/ 方向異方性の導入を行った。 [0082]また、比較のために、以下のような試料C および試料Dを作製した。試料Cは強磁性一重トンネル 接合素子であり、Ta/Ir-Mn/CoFe/A12 O₃/CoFe/Ni-Fe/Taという積層構造を有 【0083】試料Dは反強磁性局を含まない強磁性二重 トンネル接合であり、Ta 5nm/CoPt 20n m/CoPt 20nm/Ta 5nmという積層構造 m/Al₂O₃ 1.5nm/CoFe 1nm/Nis Fe23nm/CoFe 1nm/A1203 1.8n 33 [0084] 図17に試料AおよびBの磁気抵抗効果曲 えることで反転磁場を制御できることがわかる。すなわ 粮を示す。試料Aは250eという小さな磁場でMR変 化率27%が得られている。 試料Bではフリー層(磁気 40 記録码) におけるNigFe₂とCoFeとの膜厚比を変 な磁場で抵抗が大きく変化し、26%以上の大きなMR き、それぞれ160e、360e、520eという小さ ち、NisFe2の販庫が1nm、2nm、3nmのと

[0085] 図18に試料A、BおよびCについてMR 変化率の印加電圧依存性を示す。なお、この図ではMR この図から、試料AおよびBは、試料Cに比較して磁気 変化率を電圧 0 V のときの値で規格化して示している。 変化率が得られている。

イル中に置き、バガス磁界100m中で磁化固整器の磁 よびDについて、バルス磁場の反転回数と出力循圧との [0086] 次に、試存A、BおよびDをソレノイドコ 式記錄状態の被労散験を行った。図19に試料A、Bお 関係を示す。この図では、出力電圧を初期の出力電圧値 で規格化している。この図から明らかなように、試料D ではバルス磁場の反転回数の増加に伴って出力化圧が著 しく低下している。これに対して、訳料AおよびBは磁 単大に伴うMR変化率の減少が小さいことがわかる。 化固着層の磁気配録状態の疲労は見られない。

重トンネル接合素子は、磁気記録素子、磁気ヘッドに適 [0087] 以上のように図1の構造を有する強磁性二 **川した場合に好適な特性を示すことがわかる。**

MgO, LaAlOjまたはCaFzを用いた場合にも上 [0088] なお、誘性体層としてSiO2, AIN, 配と同様の傾向が見られた。

[0089] 实施例2

粉、ⅠrーMnからなる反強磁性層、CoFeからなる [0090] 耿朴A2は、Ta下地層、Ni−Fe/C oFeの二層版からなる第1の強磁性層、A 1203から 第3の強磁性層、A 1,O,からなる第2の誘電体層、C Si/Si0₂塔板またはSi0₂基板上に図2に示すよ (飲料A2および試料B2)を作製した例を説明する。 なる第1の誘電体層、CoFeからなる第2の強磁性 oFe/Ni-Feの二層版からなる第4の動磁性層、 うな構造を有する2種の強磁性二重トンネル接合装子 Ta保護路を順次積層した構造を有する。

[0091] 耿朴B2は、Ta下地層、Ni−Fe/R 二層版からなる第2の強磁性層、FeーMnからなる第 1の反演磁性層、Ni-Fe/CoFeの二層版からな u/CoFeの三層版からなる第1の強磁性層、Ali Ojからなる第1の誘電体層、CoFe/NiーFeの る第3の強磁性層、A 1₂0₃からなる第2の誘電体層、 CoFe/Ru/Ni-Feからなる第4の強磁性層。 Ta保護局を順次債降した構造を有する。

【0092】 試料A2は以下のようにして作製した。 基 r r に設定した後、A r を導入して所定の圧力に設定し 脱した後、真空を破ることなく酸素を導入しプラズマ酸 仮をスパッタ装置に入れ、初期真空度を1×10-7To m/CoFe lnm/Al203 1. 6nm/CoF た。 塔板上に、Ta 3 nm/NigFe19 t (t= 1. 2nm/CoFe inm/Ir2Mnn 17n e lnm/Ni₈₁Fe₁₉ t (t=3,5±td8n jは、絶Aェガス中でA1ターゲットを用いてA1を成 3.5#ttt8nm)/CoFe 1nm/Al203 m) /Ta 5 n m を 肌 氷 積層 した。 なお、 A 1,0 器に曝すことによって形成した。

下部配線形状を規定する第1のレジストバターンを形成 フィ技術により役上部の丁a保護局上に100μm幅の 【0093】上記佰層版を成膜した後、フォトリングラ

し、イオンミリング技術を用いて加工した。

【0094】次に、第1のレジストバターンを除去した 上に接合寸法を規定する第2のレジストバターンを形成 Fe/Ni-Fe/Taを加工した。第2のレジストバ ターンを残したまま、電子ビーム蒸消により厚さ300 後、フォトリングラフィ技術により最上部のTa保護局 し、イオンミリング技術を用いて第1のAi203より上 部のCoFe/Ir-Mn/CoFe/A1203/Co およびその上のA 1₂O₃をリフトオフし、接合部以外の nmのA 1,0,を堆積した後、第2のレジストパターン 部分に帰間絶縁敗を形成した。 ŝ

【0095】次いで、電極配線の形成領域以外の領域を 覆う第3のレジストパターンを形成した後、表面を遊ス パッタしてクリーニングした。金面にAlを堆積した

- 後、第3のレジストバターンおよびその上のAIをリフ トオフして、AI電極配板を形成した。その後、磁場中 【0096】駄料B2は以下のようにして作製した。 歩 rrに散定した後、Arを導入して所定の圧力に設定し 板をスパッタ装置に入れ、初削真空度を1×10-7To 熱処理炉に導入し、ピン局に一方向異方性を導入した。 12
 - a 5 n mを肌次積磨した。A 1,0,は上記と同様な方 1. 5nm/CoFe lnm/NigFe19 lnm た。 基板上に、Ta 2 nm/NigFeg 6 nm/ 3 nm/Ru 0.7 nm/NisiFe19 6 nm/T /FeyMn46 20nm/NigFey 1nm/C oFe lnm/A1,03 1.7nm/Co4Fe Ru 0.7nm/Co, Fe, 3nm/Al203

法により形成した。

フィ技術により最上部のTa保護層上に100μm幅の **第2のレジストパターンを形成し、イオンミリング技術** 【0097】上紀積層膜を成版した後、フォトリングラ 下部配線形状を規定する第1のレジストバターンを形成 し、イオンミリング技術を用いて加工した。次に、第1 のレジストパターンを除去した後、フォトリングラフィ 技術により促上部のTa保護隔上に接合寸法を規定する 形成、A1電極配線の形成、ビン層への一方向異方性の た。次いで、上記と同様にして、A 1,0, B 間絶縁膜の を用いて第1のA12O3より上部のCoFe/NigF O3/Co4Fe6/Ru/NigFe19/Taを加工し e19/FestMn46/Ni81Fe19/CoFe/Al2

[0098] また、比較のために、以下のような試料C 2および試料D2を作製した。試料C2は強磁性一重ト nm/CoFe 1nm/A120, 1. 2nm/Co ンネル接合素子であり、Ta 3nm/NigFelg5 Fe lnm/Ir2Mn 17nm/CoFe 1

[0099] 試料D2は反動磁性局を含まない強磁性二 50 5 nm/CoFe 1 nm/A1203 1. 2 nm/C 低トンネル接合であり、Ta 3nm/NigFelg nm/Ta 5nmという積層構造を有する。

oFe 1nm/A1203 1. 6nm/CoFe 1 nm/Ni_{si}Fe₁₉ 5nm/Ta 5nmという積層

[0100] 図20に試料A2およびB2の磁気抵抗効 果曲線を示す。武科A2ではフリー層(磁気配線層)に **抗が大きく変化し、26%以上の大きなMR変化率が得** れ150e、260e、380eという小さな磁場で抵 られている。試杆B2は390eという小さな磁場でM おけるNisFezとCoFeとの版写比を変えることで 反転磁場を制御できることがわかる。すなわち、Nis Fe₂の版序が3nm、5nm、8nmのとき、それぞ R変化率26%が得られている。

はMR 変化率を電圧 0 Vのときの値で規格化して示して いる。この図から、試料A2およびB2は、試料C2に [0101] 図21に駄料A2、B2およびC2につい てMR変化率の印加電圧依存性を示す。なお、この図で **大きく、電圧増大に伴うMR変化率の減少が小さいこと** 比較して磁気抵抗変化率の値が半分になる電圧リっか

川力電圧との関係を示す。この図では、出力電圧を初期 [0102] 次に、訳枠A2、B2およびD2をソレノ イドコイル中に置き、パルス磁界700e 中で磁化固着 **層の磁気記録状態の疲労軟験を行った。図22に飲料A** 2、B2およびD2について、パルス磁場の反転回数と

て出力電圧が著しく低下している。これに対して、試料 重トンネル接合素子は、磁気配除素子、磁気ヘッドに適 の出力電圧値で規格化している。この図から明らかなよ A2およびB2は磁化固套隔の磁気配録状態の疲労は見 うに、試料D2ではパルス磁場の反転回数の増加に伴っ 【0103】以上のように関2の構造を有する強磁性二 られない。また、駄朴A2とB2との比較では、フリー 際に反強磁性結合したCo.Fe。/Ru/NinFei の三層構造を用いた試料B2の方が疲労が少ない。

MgO, LaA10jまたはCaFzを用いた場合にも上 [0104] なお、誘電体粉としてSiO2, AIN, 記と同様の傾向が見られた。

用した場合に好適な特性を示すことがわかる。

[0105] 実施例3

に示すような構造を有する2種の強磁性二重トンネル接 **合案子(駄料A3および試料B3)を作製した例を説明**

の反動磁性層、Co-Fe-Niからなる第3の動磁性 なる第4の強磁性層、Ir-Mnからなる第3の反動磁 Niからなる第2の強磁性層、Fe-Mnからなる第2 [0106] 試料A3は、Ta下地層、Ir-Mnから なる第1の反強磁性層、Co-Feからなる第1の強磁 粉、A 1₂0₃からなる第2の誘循体層、CoーFeから 性層、A 1,0,からなる第1の誘電体層、CoーFeー 性層、Ta保護屬を順次稍隔した構造を有する。

榻、NiーFe/CoFeの二階版からなる筑3の強磁 なる第1の反強磁性層、Co-Fe/Ru/Co-Fe 1 の誘電体層、CoFe/Ni-Feの二層膜からなる [0107] 試杆B3は、Ta下地層、IrーMnから の三層膜からなる第1の強磁性層、A 1,O,からなる第 第2の強磁性層、Fe-Mnからなる第2の反強磁性

特開2001-156357

磁気抵抗効果素子も、び磁気配録素子

【0108】 試料A3は以下のようにして作製した。 基 r-Mnからなる筑3の反強磁性層、Ta保護層を順次 Ru/Co-Feの三層膜からなる第4の強磁性層、1 性層、A 1,03からなる第2の誘電体層、C o ーFe/ 積層した構造を有する。

rrに散定した後、Arを導入して所定の圧力に設定し を用いてA1を成膜した後、真空を破ることなく酸素を 板をスパッタ装置に入れ、初期真空度を1×10-7To た。 装板上に、Ta 5nm/IraMnn 18nm /IrzMnna 18nm/Ta 5nmを順次積層し た。なお、A 1₂O3は、純A r ガス中でA 1 ターゲット e,Ni, 2nm/Fe,Mn, 17nm/CosFe, Ni, 2nm/Al203 2nm/CoFe 2nm /CoFe 2nm/A1203 1. 7nm/CosF 導入しプラズマ酸紫に曝すことによって形成した。

フィ技術により最上部のTa保護層上に100μ m幅の 【0109】上記積層膜を成膜した後、フォトリングラ 下部配頼形状を規定する第1のレジストバターンを形成 し、イオンミリング技術を用いて加工した。 【0110】次に、第1のレジストバターンを除去した 後、フォトリングラフィ技術により最上部のTa保護局 上に接合寸法を規定する第2のレジストバターンを形成 し、イオンミリング技術を用いて第1のA1,0,より上 部のCosFe,Ni,/Fe,Mn,/CosFe,Ni,/

第2のレジストパターンを残したまま、電子ピーム蒸着 により厚さ350nmのA1₂O₃を堆積した後、第2の レジストバターンおよびその上のA 1,0,をリフトオフ Al2O3/CoFe/Ir2Mnn3/Taを加工した。

【0112】 財料B3は以下のようにして作製した。基 後、第3のレジストバターンおよびその上のAIをリフ トオフして、A1電極配線を形成した。その後、磁場中 【0111】次いで、間極配線の形成領域以外の領域を 置う第3のレジストパターンを形成した後、我面を逆ス r r に設定した後、A r を導入して所定の圧力に設定し Co-Fe 1. 5nm/Ru 0. 7nm/Co-F 熱処理炉に幕入し、ピン層に一方向異方性を薄入した。 板をスパック装置に入れ、初期真空度を1×10⁻¹T o た。基板上に、Ta 3nm/Ir-Mn 14nm/ e 1.5nm/A1203 1.7nm/CoFeln バッタしてクリーニングした。全面にAIを堆積した m/Ni81Fe₁₉ 2nm/Fe₄₅Mn₃₅ 19nm/ NigFeg 2nm/CoFe 1nm/Al2O3 し、接合部以外の部分に層間絶縁膜を形成した。 45

2. 1nm/Co₉Fe 2nm/Ru 0.8nm/

n mを順次群層した。A 1,0,は上記と同様な方法によ CooFe 2nm/Ir-Mn 14nm/Ta

フィ技術により最上部のTa保護層上に100μm幅の **F部配報形状を規定する第1のレジストパターンを形成** 第2のレジストパターンを形成し、イオンミリング技術 [0113] 上記積層膜を成膜した後、フォトリングラ し、イオンミリング技術を用いて加工した。次に、第1 のレジストバターンを除去した後、フォトリングラフィ 技術により最上部のTa保護層上に接合寸法を規定する 絶様膜の形成、AI電極配線の形成、ピン層への一方向 を加工した。次いで、上記と同様にして、A1203殆叫 を**川いて第1のA1203より上部のCoFe/NigF** O1/Co,Fe/Ru/Co,Fe/Ir-Mn/Ta e19/Fe15Mnss/Nis1Fe19/CoFe/Al2 異方性の第入を行った。

3 および試付D3を作製した。試料C3は強磁性一重ト nm/Co-Fe 1.5nm/Ru 0.7nm/C [0114] また、比較のために、以下のような試料C ンネル接合素子であり、Ta 3nm/Ir-Mn14 o-Fe 1. 5nm/Al20, 1. 7nm/CoF 【0115】 試料D3は反強磁性層を含まない強磁性二 近トンネル接合であり、Ta 5 n m / CogPt2 1 5nm/CoFe 2nm/A1203 1. 7nm/C 2 nm/CosPt, 15 nm/Ta 5 nm 2 w 3 e Inm/Ni₈₁Fe₁₉ 2nm/Fe₄₅Mn₅₅ 1 osFe,Ni, 2nm/Al2O3 2nm/CoFe 9nm/Ta 5nmという税路構造を有する。 間段構造を有する。

[0116] 図23に試料A3およびB3の磁気抵抗効 MR変化率26%が得られている。 賦料B3は630e てMR変化隼の印加電圧依存性を示す。なお、この図で いる。この図から、試料A3およびB3は、試料C3に 界曲報を示す。 試料A3は570eという小さな磁場で [0117] 図24に駄料A3、B3およびC3につい 大きく、電圧増大に伴うMR変化率の減少が小さいこと という小さな磁場でMR変化率27%が得られている。 はMR変化率を電圧0Vのときの値で規格化して示して 比較して磁気抵抗変化率の値が半分になる電圧V_{io}が

られない。また、試料A3とB3との比較では、フリー 出力電圧との関係を示す。この図では、出力電圧を初期 うに、試料D3ではバルス磁場の反転回数の増加に伴っ て出力電圧が著しく低下している。これに対して、耿朴 イドコイル中に置き、パルス磁界150e中で磁化固幹 A3およびB3は磁化固着層の磁気記録状態の疲労は見 **嵒の磁気記録状態の疲労試験を行った。図25に試料A** の出力電圧値で規格化している。この図から明らかなよ [0118] 次に、試料A3、B3およびD3をソレノ 3、B3およびD3について、パルス磁場の反転回数と

層に反強磁性結合したCooFe/Ru/CooFeの三 層構造を用いた試料B3の方が疲労が少ない。

【0119】以上のように図3の構造を有する頒磁性二 **重トンネル接合紫子は、磁気記録素子、磁気ヘッドに適** 用した場合に好適な特性を示すことがわかる。

MgO, LaA10jまたはCaFzを用いた場合にも上 [0120] なお、誘電体層としてSiO2, AIN, 記と同様の傾向が見られた。

たは図5に示すような構造を有する2種の強磁性二重ト ンネル接合素子(試料A4および試料B4)を作戦した Si/SiOa数板またはSi/AlN基板上に関4ま 【0121】 実施例4

[0122] 試料A4は、Ta下地隔、NiーFe/C o-Feの二扇膜からなる第1の歯磁性隔、Al₂O₃か らなる第1の誘剤体層、CoーFeからなる第2の強磁 性層、Ruからなる第1の非磁性層、CoーFeからな る第3の崩磁性層、Ruからなる第2の非磁性層、Co の誘電体層、CoーFe/NiーFeの二層版からなる 第5の強磁性層、Ta保護層を順次積層した構造を有す ーFeからなる第4の強磁性層、A 1,0,からなる第2

[0123] 畝料B4は、Ta下地層、NiーFe/C o-Feの二層膜からなる第1の強磁性層、A 1,O3か らなる第1の誘冗体層、Co-Feからなる第2の強磁 性層、Ruからなる第1の非磁性層、Co-Fe強磁性 層/Ir-Mn反強磁性層/Co-Fe強磁性層、Rn からなる第2の非磁性層、Co-Feからなる第4の強 /Ni-Feの二層版からなる第5の油磁性層、Ta保 磁性層、A 1,0,からなる第2の誘電体層、Co-Fe 護母を順大積層した構造を有する。

[0124] 試料A4は以下のようにして作製した。 港 rrに設定した後、Arを導入して所定の圧力に設定し e 2nm/Ru 0.7nm/CoFe 2nm/R u 0.7 nm/CoFe 2 nm/Al₂O₃ 2 nm ス中でAIターゲットを用いてAIを成版した後、真空 を破ることなく酸素を導入しプラズマ酸素に曝すことに 板をスパック装置に入れ、初期真空度を1×10ºTo 5 n m を 順 次 稍 隔 し た。 なお、 A 1,0 it、 純 A r ガ た。 恭仮上に、Ta 5nm/NigFe19 16nm /Co,Fe, 3nm/A120, 1. 7nm/CoF /Co,Fe, 3nm/NigFe, 16nm/Ta

【0125】上記積隔版を成版した後、フォトリングラ フィ技術により段上部のTa保護層上に100μm幅の 下部配線形状を規定する第1のレジストバターンを形成 し、イオンミリング技術を用いて加工した。 【0126】次に、第1のレジストバターンを除去した 後、フォトリングラフィ技術により设上部のTa保護場 上に接合寸法を規定する第2のレジストバターンを形成

2のレジストパターンを残したまま、電子ピーム蒸煮に し、イオンミリング技術を用いて第1のA 1,0,より上 より厚さ300mmのA1,0,を堆積した後、第2のレ 恋のCoFe/Ru/CoFe/Ru/CoFe/Al 103/ColFe/NimFelg/Taを加工した。第 ジストパターンおよびその上のAI₂O₃をリフトオフ

【0128】 戯科B4は以下のようにして作戦した。 基 トオフして、AI電極配板を形成した。その後、磁場中 覧う第3のレジストパターンを形成した後、装面を迎ス 後、第3のレジストバターンおよびその上のA1をリフ e 1.5nm/Ru 0.7nm/CoFe 1.5 [0127] 次いで、電極配線の形成領域以外の領域を 版をスパック装置に入れ、初期真空度を1×10-7To rrに設定した後、Arを導入して所定の圧力に設定し nm/lr-Mn 14nm/CoFe 1.5nm/ Ta 5nmを順次積層した。Al2Oiは上記と同様な た。基板上に、Ta 5nm/NigFeg 15nm 熱処理炉に導入し、ピン層に一方向異方性を導入した。 パックしてクリーニングした。全面にAIを堆積した /Co,Fe 2 nm/A1203 1. 5 nm/Co F Ru 0.7 nm/CoFe 1.5 nm/Al203 2 nm/CogFe 2 nm/NigFeg15nm/ し、接合部以外の部分に層間絶縁膜を形成した。 方法により形成した。、

【0129】上記枡局版を成版した後、フォトリングラ フィ技術により最上部のTa保護腎上に100μ m幅の 下部配線形状を規定する第1のレジストバターンを形成 技術により低上部のTa保護層上に接合寸法を規定する 第2のレジストパターンを形成し、イオンミリング技術 Al電極配線の形成、ピン塔への一方向異方性の導入を し、イオンミリング技術を用いて加工した。次に、第1 のレジストバターンを除去した後、フォトリングラフィ を川いて祭1のAlgO3より上部のCoFe/Ru/C oFe/Ir-Mn/CoFe/Ru/CoFe/Al いで、上記と同様にして、A 1,0,層間絶縁膜の形成、 103/CogFe/NinFeg/Taを加工した。次

[0130] また、比較のために、以下のような批料C 4および試料D4を作製した。試料C4は強磁性一重ト CoFe 2 nm/Ru 0.7 nm/CoFe 2 n m/Ru 0.7nm/CoFe 2nm/Ta 5n ンネル接合案子であり、Ta 5 n m / N i s F e 19 l 6nm/Co,Fe, 3nm/A1203 1.7nm/ mという積層構造を有する。

[0131] 款料D4は反強磁性結合のない強磁性二重 トンネル接合であり、Ta 5nm/NigFelg 1 nm/Ni₈₁Fe₁₉ 16nm/Ta 5nmという税 CoFe 6nm/Al2O3 2nm/Co4Fe, 3 6 n m/Co, Fe, 3 n m/A 1,0, 1, 7 n m/ **層構造を有する。**

特開2001—156357

少磁気配線素子

磁気抵抗効果素子も

てMR変化率の印加電圧依存性を示す。なお、この図で 果曲線を示す。試料A4は330eという小さな磁場で MR変化率28%が得られている。試料B4は180e [0133] 図27に試存A4、B4およびC4につい はMR変化率を配圧OVのときの値で規格化して示して いる。この図から、試料A4およびB4は、試料C4に [0132] 図26に試料A4およびB4の磁気抵抗効 大きく、電圧増大に伴うMR変化率の減少が小さいこと という小さな磁場でMR変化率26%が得られている。 比較して磁気抵抗変化率の値が半分になる電圧V₁₂が 9

イドコイル中に置き、パルス磁界400 e 中で磁化固着 うに、試料D4ではバルス磁場の反転回数の増加に伴っ られない。また、試料A4とB4との比較では、磁化固 着層に反強磁性層を挿入したCoFe/Ir/CoFe **扇の磁気配録状態の疲労試験を行った。図28に試料A** 4、B4およびD4について、パルス磁場の反転回数と 出力電圧との関係を示す。この図では、出力電圧を初期 の出力電圧値で規格化している。この図から明らかなよ A4およびB4は硫化固着唇の磁気記録状態の疲労は見 [0134] 次に、試料A4、B4およびD4をソレノ て出力電圧が落しく低下している。これに対して、飲料 /Ir-Mn/CoFe/Ir/CoFeの7扇構造を 用いた試料B4の方が疲労が少ない。

重トンネル接合素子は、磁気記録素子、磁気ヘッドに適 【0135】以上のように図4の構造を有する強磁性二 用した場合に好適な特性を示すことがわかる。

MgO, LaAIOsまたはCaFsを用いた場合にも上 [0136] なお、誘電体層としてSiO2, AIN, 記と同様の傾向が見られた。

[0137] 実施例5

図7または図9に示したMRAMを想定して、Si/S 有する弥磁性二重トンネル接合紫子(試料A5および試 i OyまたはSiOy基板上に図29に示すような構造を 科B5)を作製した例を説明する。

[0138] 駄料A5は、Ta下地層、FeーMnから なる第1の反強磁性層、NiーFe/CoーFeの二層 版からなる第1の強磁性層、A12O3からなる第1の誘 間体層、CogFeからなる第2の強磁性層、A 1,03

からなる第2の誘電体局、Co-Feからなる第3の強 磁性層、ピットライン(NiーFeからなる類3の強磁 性層、Fe-Mnからなる第2の反強磁性層、Alから なる金属局)を順次積層した構造を有する。 40

【0139】 試料B 5 は、T a からなる下地層、I r ー Mnからなる第1の反強磁性層、CoーFeからなる第 1の強磁性層、A 1₂O₃からなる第1の誘電体層、C o -Fe/Ni-Fe/Co-Feの三路販からなる第2 Feからなる第3の強磁性層、ビットライン(Coから 50 なる第3の強磁性層、1r-Mnからなる第2の反強磁 の強磁性層、A 1,0,からなる第2の誘電体層、C o -45

S

住母、AIからなる金属粉)を順次債層した構造を有す

[0140] 図29に示されるように、駄杯A5および B5のいずれも、接合面積に比較して第2の反強磁性膜 の面間が大きい。 [0141] 試料A5は以下のようにして作製した。基 r r に散定した後、A r を導入して所定の圧力に設定し てAIを成脱した後、真空を破ることなく酸素を導入し 仮をスパック装置に入れ、初期真空度を1×10-7To た。排板上に、Ta 5nm/FegMnus 18nm お、AlgOjは、絶Arガス中でAIターゲットを用い CoFe 2nm/Ta 5nmを順次積弱した。な 1.7nm/Co,Fe 3nm/A120, 2nm/ /NigFe2 5nm/CoFe 2nm/Al2O3 プラズマ検索に曝すことによって形成した。

フィ技術により最上部のTa層上に50μm幅の下部配 **報形状を規定する第1のレジストパターンを形成し、イ** [0142] 上記積掃版を成版した後、フォトリングラ オンミリング技術を用いて加工した。

作製した。電子板レジストパターンを残したまま、電子 [0143] 次に、第1のレジストパターンを除去した 後、最上部のTa層上に電子報レジストを塗布し、EB 間両装置を用いて第1のAl₂O3より上部の各層の機細 リフトオフし、接合部以外の部分に層間絶縁膜を形成し ビーム蒸着により厚さ300nmのA1,0,を堆積した 後、電子板レジストパターンおよびその上のA1203を m², 0. 15×0. 15 m²の強磁性トンネル接合を 加工を行い、接合面積1×1μm², 0.5×0.5μ

[0144] 次いで、電極配線の形成領域以外の領域を **覧う第3のレジストパターンを形成した後、表面を逆ス** バッタしてクリーニングし、さらにTa唇を除去した。 その後、ピットラインの電極配線としてNisFe₂5 nm/FesiMn4s 18nm/Al 5nmを順次積 限をリフトオフした。その後、磁場中熱処理炉に導入 し、ピン帝に一方向男方性を導入した。

[0145] 試料B5は以下のようにして作製した。 携 rrに散定した後、Arを導入して所定の圧力に設定し を順次稍勞した。A 1,0 jは上記と同様な方法により形 仮をスパック装置に入れ、初期真空度を1×10-7To た。 恭仮上に、Ta 5nm/Ir2Mnn 18nm /CoFe 3nm/A120, 1. 5nm/CoFe 1nm/Ni,Fe, 3nm/CoFe 1nm/A 1203 1.8nm/CoFe 3nm/Ta·5nm

フィ技術により位上部のTa屑上に50μm幅の下部配 [0146] 上記積層膜を成膜した後、フォトリングラ 報形状を規定する第1のレジストパターンを形成し、イ **tンミリング技術を用いて加工した。**

【0147】次に、第1のレジストバターンを除去した 後、最上部のTa唇上に電子線レジストを塗布し、EB 福画装置を用いて第1のA12O3より上部の各層の微細 作製した。電子報レジストバターンを残したまま、電子 リフトオフし、接合部以外の部分に弱間絶縁膜を形成し m², 0. 15×0. 15 μm²の強磁性トンネル接合を ビーム蒸着により厚さ300nmのA1,0,を堆積した 後、配子板レジストパターンおよびその上のA1,0,を 加工を行い、接合面積1×1μm², 0.5×0.5μ 9

[0148] 次いで、間極配線の形成領域以外の領域を 関う第3のレジストパターンを形成した後、表面を逆ス n₁₈ 18 n m/A l 5 n m を 順次報題 した。 第3 の レジストパターンおよびその上の配極配線をリフトオフ した。その後、磁場中熱処理炉に導入し、ビン扇に一方 その後、ピットラインの間極配板としてCo/IraM パッタしてクリーニングし、さらにTa唇を除去した。 向異方性を導入した。 22

[0149]また、比較のために、以下のような飲料C 5、就料D5および飲料B5を作製した。飲料C5は頭 磁性一重トンネル接合素子であり、Ta 5nm/Ir 5nm/CoFe 1nm/NigFe, 3nm/Co 22Mn 13 1 8 n m / C o F e 3 n m / A 12 O 3 1. 8

Fe 3nm/A1203 1. 5nm/CoFe 1n Fe Inm/Ta 5nmという積層構造を有する。 【0150】飲料D5は、試料B5と同様の積層構造、 すなわち丁a 5nm/Ir2Mnn 18nm/Co m/NisFe, 3nm/CoFe 1nm/Al2O3 22

図29の構造とは異なり、上部のIrMnからなる第2 の反強磁性層(およびTa保護層)の面積も接合面積と 同一になるように加工されたている。また、ピットライ 1. 8 n m / C o F e 3 n m / I r 2 M n 3 1 8 nm/Ta 5nmという積層構造を有する。しかし、 ンはAI唇のみからなっている。 8

【0151】 試科E5は反強磁性局を含まない強磁性二 1. 8nm/CoFePt 13nm/Ta 5nm2 13nm/A1203 1. 5nm/CoFe 1nm/ 低トンネル接合であり、Ta 5nm/CoFePt NisFe, 3nm/CoFe 1nm/Al2O3 33

いう積層構造を有する。

[0152] 図30に試料A5およびB5の磁気低抗効 県曲線を示す。試料A5は290eという小さな磁場で MR 変化率28%が得られている。 散科B5は390e [0153] 図31に就料A5、B5およびC5につい てMR変化率の印加電圧依存性を示す。なお、この図で はMR変化率を電圧0Vのときの値で規格化して示して いる。この図から、試料A5およびB5は、試料C5に 大きく、電圧増大に伴うMR変化率の減少が小さいこと という小さな磁場でMR変化率27%が得られている。 比較して磁気抵抗変化率の値が半分になる電圧V₁₀が 45

の磁気配線素子 磁気抵抗効果素子。 [0154] 次に、試料A5、B5、D5およびE5を ソレノイドコイル中に置き、パルス磁界100m中で磁 化固着層の磁気配録状態の疲労試験を行った。図32に 紋科A5、B5、D5およびE5について、バルス磁場 の反転回数と出力電圧との関係を示す。この図では、出 力電圧を初期の出力電圧値で規格化している。この図か

[0157] 实施例6

特開2001-156357

有する強磁性二重トンネル接合素子を作製した。これら の素子の積層構造を表1に示す。なお、下地層および保 Pd、Ta/Pt、Ta/Pd、TiNxのいずれかを 実施例1~4と同様な方法により、Si/SiO₂基板 籔層としては、Ta、Ti、Ti/Pt、Pt、Ti/ またはSi〇₂装板上に、図1~図4に示す基本構造を 用いている。 [0158] これら試料について、MR変化率が1/2 に減少する電圧値V₁₂、100000回のフリー圏

ら明らかなように、 試料E5ではパルス磁場の反転回数 以科D5は、接合面積が小さいほど、疲労が激しくなる

の増加に伴って出力電圧が寄しく低下している。また、

ジ等で上部磁化固着層が劣化したためであると考えられ る。これに対して、試料A5およびB5は磁化固着層の 9 に示したように、上部の反馈磁性格をピットラインの 【0155】以上のように図29の構造を有する強磁性 二重トンネル接合素子は、特に磁気配録素子に適用した

磁気記録状態の被労は見られない。このことから、図2

一部として構成することが有利であることがわかる。

傾向を示した。これは、接合面積が小さいと加工ダメー

(磁気記録局) 反転時の出力値と初期出力値との比を表 れており、電圧依存のMR変化率の減少度合いも強磁性 1 に示した。いずれの試料でも大きなMR変化率が得ら **一爪トンネル接合紫子に比べて小さい。また、フリー扇** (磁気記録局) の磁化反転を繰り返しても、出力電圧の

[0159] したがって、これらの素子は磁気抵抗効果 型ヘッド、センサー、磁気記憶器子として用いた場合に 低下はほとんどなく、疲労が小さい。 有効であることが分かる。

[0160]

2

MgO, LaAIOjまたはCaFjを用いた場合にも上

肌と同様の傾向が見られた。

【0156】なお、誘電体局としてSiO, AIN,

場合に好適な特性を示すことがわかる。

8 0.99 96'0 69 55 0.94 96.0 69 16.0 8 16.0 16.0 0.98 86.0 2.0 2.0 97.0 5 0.75 17.0 50 0.7B 180 2 0,78 :SemX2emX1.amX0.7umX1.tumX0.1umX1.tumX2.amX1.1rm) af-eNi>S102yTe=Co/Thu/FeCo/Th22μM1pg/CoFe/Ru/CoFe/SiO2/CoFeNi -tumX12cmX1.1rmX0.8emX1.8emX1.1rmX1.8emX0.8emX1.1rmX2.1nmX1.1nmX1 is/ir/feCo/PUMn/CoFe/Ir/CoFe/AiN/CoFe
IrmX0.9nmXInmX17nmXInmX0.9nmXInmX2.1nmX15nm) (15nm) (1.6nm) (2.2nm) (2nm) (20nn εΓεΝίζειος/Γευσ/πυ/Γευσ/πυ/Οσ/Σίος/Οσ-επι Εππίζεισιχι, Εππίχυ, Ιοπιχυ, Εππίχυ, Τοπιχι, Εππίχουπχι, Τοπιλ (3nm) (2nm) (1.5nm) (1.5nm) (1.5nm) (2nm)

時間にも低存するが、熱処理でも同様の原子拡散が生じ 50 Si/SiOa基板またはSiOa基板上に図1に示すよ 基合金層、またはこれらと非磁性層や反強磁性層との **圳での原子の拡散が生じると考えられる。また、温度や** 、混合が生じることがあり得る。例えば、スパックリン グ時にスパッタ強度を強くすれば、NiFe合金層、C

[0161]なお、本発明において、各段間の原子拡散 45 ると考えられる。こうした原子拡散が発生しても、各層 を構成する材料が本発明において要求される磁気特性を 示し、明示した材料の範囲内に含まれる限り、本発明の

[0162] 実施例7 範疇に入る。

二重トンネル接合案子(飲料T1,T2およびT3)を うな構造を有し、フリー層の厚さが異なる3種の強磁性 作裂した例を説明する。

[0163] 軟杆T1は、Ta下地層、Fe−Mn/N i - Feの二層版からなる第1の反強磁性層、CoFe らなる筑2の誘電体層、CoFeからなる第3の強磁性 腎、Ni−Fe/Fe−Mnの二層膜からなる第2の反 強磁性層、Ta保護層を順次積層した構造を有し、フリ からなる第1の強磁性層、A 1₂O₃からなる第1の誘電 一層であるCooFeからなる第2の強磁性層の膜厚が 2. 5 nmに設定されている。

[0164] 試料丁1は以下のようにして作製した。 独 r r に散定した後、A r を導入して所定の圧力に散定し を成版した後、真空を破ることなく酸素を導入しプラズ 版をスパック装置に入れ、初期真空度を1×10-To t。 據板上に、Ta 5nm/FesyMn46 20nm m/CoFe 3nm/NisFe2 5nm/Fe3M ng 20nm/Ta5nmを順次積層した。なお、A 1₂O₃は、純Arガス中でA1ターゲットを用いてA1 1. 7 nm/Co,Fe 2. 5 nm/A120, 2 n /NisFe2 5nm/CoFe 3nm/Al2O3 7般装に味すことによって形成した。

フィ技術により 位上部のTa保護局上に100μm幅の 下部配扱形状を規定するレジストパターンを形成し、イ [0165] 上記積層版を成版した後、フォトリングラ オンミリング技術を用いて加工した。

よびRIEにより最上部のTa保護骨上に接合寸法を規 た。この工程により接合幅を様々に変化させた。接合幅 が1 μ m以下の素子を形成する場合には電子報リングラ + トリングラフィ技術または電子線リングラフィ技術お [016.6] 次に、レジストパターンを除去した後、フ 定するTiハードマスクを形成し、イオンミリング技術 フィ技術を用いた。接合部上にレジストパターンを形成 し、スパッタ法またはプラズマCVD法により厚き30 びその上のSi0~をリフトオフし、接合部以外の部分 を川いて第1のA1,03より上部のCo9Fe/A1,0 3/CoFe/Ni-Fe/Fe-Mn/Taを加工し 0 n m の S i O,を 堆積した後、 レジストパターンおよ に層間絶縁膜を形成した。

してクリーニングした。全面にAIを堆積した後、レジ 1 電極配線を形成した。その後、磁場中熱処理炉に導入 **覧うレジストパターンを形成した後、表面を逆スパッタ** [0167] 次いで、間梗配線の形成領域以外の領域を ストバターンおよびその上のA1をリフトオフして、A し、ピン塔に一方向異方性を導入した。

なる第2の強磁性層の駿原を7mmとした以外は、鉄料 [0168] 試料T2はフリー層であるCooFeから T1と同様にして作製した。

[0169] 試料T3はフリー局であるCogFeから

なる第2の強磁性層の腹厚を17mmとした以外は、試 料T1と同様にして作製した。 [0170] 図33に、試料T1、T2およびT3につ いる。図33に示されるように、いずれの試料でも接合 幅を紹介するに従って反転磁場が増大している。このこ 小さく、接合幅の縮小に伴う反転磁場の増大が抑制され ている。一方、フリー唇の腹厚が比較的厚い試料T2お が客しく増大するおそれがある。ここで、現状の加工技 が1000eより小さく、今後のさらなる微細化に対応 00eを超えており、MRAM応用において作き込み時 いて、茶子の接合幅とフリー層の反転磁場との関係を示 **す。この図では楢軸を接合幅Wの遊数(1 /W)として** とは、MRAM応用においては接合幅を縮小するに従っ て指き込み時の消費電力が増大することを意味する。し 10 かし、フリー隔の膜厚が薄い試料T1では直椒の頻きが よびT3では、接合幅の縮小に伴う反転磁場の増大が顕 者であり、MRAM応用において雪き込み時の消費電力 術で得られる接合幅 0.25 /r m (1 / W = 4)の素子 に着目して反転磁場を比較する。試料T1では反転磁場 できる。一方、飲料T2およびT3では反転磁場が10 の消費電力がすでに高く、さらなる機組化に対応するこ 12

てMR変化率の印加電圧依存性を示す。なお、この図で はMR変化率を電圧 0 Vのときの値で規格化して示して いる。フリー局の膜厚が薄い試料T1ではMR変化率の **虹トンネル接合紫子に比べればパイアス依存性が小さい 【0171】図34に試料下1、T2およびT3につい** おり、パイアス依存性が抑制されている。一方、フリー 唇の膜厚が比較的厚い試料T2およびT3は、強磁性ー 値が半分になるパイアス電圧V_{IA}が0、9Vを超えて が、V₁₀は0. 8 V未満であり、試料T1に比べて明 らかに劣っている。

[0172] 図33および図34から、フリー扇の厚き フリー扇の厚さが5 n m 以下であれば、0.25 μ m ル ールの紫子で反転磁場が1000e以下に抑えられ、か が薄いほど、接合の微細化に伴う反転磁場の増大が抑え フリー樹の厚さが1 n m未満になると、フリー뭠が連続 版にならず、誘電体層中に強磁性粒子が分散した、いわ られ、かつバイアス依存性も改善されることがわかる。 つMR変化率のバイアス依存性も改善される。しかし、 ゆるグラニュラー構造となるおそれがある。この結果、 は窒温で超常磁性となりMR変化率が極端に低下すると いう問題も生じる。したがって、フリー層の厚さは1~ 5nmであることが好ましい。 [0173] 实施例8

接合特性の制御が困難になり、微粒子の大きさによって

ジストを強布しフォトリングラフィーによりレジストバ の後、プラズマCVDにより、ワードライン152.上に メッキ社を用いて部内にCuを埋め込んだ後、CMPに より平坦化を行い、ワードライン152を形成した。そ ターンを形成し、RIEによりSiOが清を加工し、 厚さ250nmのSiO₂砕間絶縁散を形成した。

後、真空を破ることなく酸素を導入しプラズマ酸素に購 [0174] この試料をスパック装置に入れ、初期真空 純Arガス中でAIターゲットを用いてA1を成版した 度を3×10⁴Torrに散症した後、Arを導入して 所定の圧力に設定した。SiO₂層間絶縁膜上に、Ta F地图/Cu (50nm)/NigFelg (5nm)/ A 1203 (1 n m) / ComFen (2 n m) / Nig (0. 9 nm) / ComFen (2 nm) / NimFe nm) /Cos,Fes (3nm) /Ru (0.9nm) e i (5 n m) / A u 保護版を指路した。 A 1,0,は、 19 (1 n m) / ComFen (2 n m) / Al₂O₃ (1 /CossFess/Ir22Mnrs (12nm) /Nis1F Ir₂₂Mn₁₃ (12nm) /Co₅₀Fe₅₉ (3nm) / Fe₁₉ (1 n m) / Co₁₀ Fe₁₀ (2 n m) / R u すことによって形成した。

師の積層版を加工してTMR紫子を形成した。TMR紫 ードマスクを形成した後、イオンミリングを行い、稍悶 フィにより接合す法を規定するレジストバターンを形成 ンを形成し、RIEにより余属配線153を規定するハ 【0176】次に、レジストを強布してフォトリングラ [0175] 上記程層版上にSijNを成版し、レジス トを資布してフォトリングラフィによりレジストバター **賞を加工した。その後、レジストバターンを除去した。** し、イオンミリング技術を用いて第1のA 1,O,より上 子のセルサイズは全て0、 4×0 、 $4 \mu m^2 とした。そ$ の後、レジストパターンを除去した。

们って平坦化した。金面にCu、絶縁膜、およびCuを 155、および第2ワードライン156を形成した。そ 間絶縁膜を破骸し、CMPにより250mmの厚さまで を強布してフォトリングラフィによりレジストバターン オンミリングを行い、ピットライン154、뤔川純椽局 積層した。この積層膜上にSi₃N,を破膜し、レジスト を形成し、RIEによりハードマスクを形成した後、イ の後、試料を磁場中熱処理炉に導入し、磁気配録層に一 **[0178] 得られたMRAMに対して以下の3つの方** [0177] 次いで、プラズマCVDによりSiO₂間 軸異方性を、磁化固着層に一方向異方性を導入した。 **広で書き込みを行った。**

イン156に10nsecの沿流バルスを流して磁気配 [0179] (1) TMR※子に1mAのスピン化流を 法人しながら、ワードライン152および第2ワードラ 鉢塔1.1.5の容易軸方向および困嫌軸方向に電流磁場を 印加する方法。

【0180】(2)TMR紫干へのスピン電流の注入の 50 果型ヘッド、磁界センサー、磁気配憶素子などに好適に

みを行う方法。

特開2001-156357

磁気抵抗効果素子 人 医放气配缝素子

ドライン156に10nsecの間流パルスを流して磁 気記録界 1 1 5 の容易軸方向および困難軸方向に電流磁 【0181】 (3) ワードライン152および第2ワー 場を印加する方法。 【0182】なお、磁気記録隔115の困雑制方向に電 流磁場を印加するための電流パルスは10nsec、3

を行った後、TMRセルに直流電流を流し、出力電圧が 【0183】磁気記録图115の磁化反転は、 甘き込み 変化したかどうかにより判断した。

いうサイズのTMR紫子に対しては、(2)のTMR紫 子へのスピン電流の注入のみを行う方法では、電流値を 【0184】 水実施例における0. 4×0. 4 m²と

5の磁化反転を起こすためには、磁気記録图115の容 10mAまで増加させても、磁化反転は観測されなかっ た。(3)の磁気記録層115の容易軸方向および困難 軸方向に電流磁場を印加する方法では、磁気配録器 1.1 易軸方向に電流磁場を印加するための電流を4.3mA まで増加させる必要があった。

[0185] これに対して、(1)の方法で、1mAの スピン電流を流しながら、磁気記録層115の容易軸方 ろ、2. 6 m A の電流値で磁気配線層 1 1 5 の磁化反転 向に電流磁場を印加するための電流を増加させたとこ

子に流すスピン間流の向きを変えることによって、上記 が確認された。また、磁気記録图115の容易軸方向に 電流磁場を印加するための電流の向き、およびTMR業 のような小さい電流値のままで磁気記録層115の磁化 反転を繰り返すことができることがわかった。 [0186] このように、本実施例のMRAMの構造お 造を有し、電流磁界を印加するための配線に流す電流お よび書き込み方法を採用すれば、スピン注入に適した構 よびTMR素子に流す電流を小さくできる。したがっ

て、MRAMの高密度化に伴って配線幅およびTMR紫 子サイズが小さくなっても、配線の溶験またはトンネル パリア局の破壊を抑制することができ、信頼性を向上で

[0187]

血トンネル接合を有する磁気抵抗効果素子では、所望の [発明の効果] 以上酢池したように、本発明の強磁性二 出力電圧値を得るため印加電圧値を増やしても磁気抵抗 変化率があまり減少せず、售き込みによって磁化固着層 る。また、MRAMの高密度化に伴って配線幅およびT 向上できる。したがって、大きな出力電圧が安定して得 の一部の磁気モーメントが回転して出力が徐々に低下す るという問題もなく、しかも反転磁場を自由に設計でき MR紫子サイズが小さくなっても、配線の溶融またはト ンネルバリア隣の破壊を抑制することができ、偶類性を られる微細な磁気抵抗効果素子を提供でき、磁気抵抗効 42

50 を用いてワードライン152を形成した。すなわち、レ

RAMを作製した例を示す。Si 装板151上にプラズ

Si/SiO2 指板上に図14のような構造を有するM マCVDによりSiO,を成敗した。 タマシンプロセス

特開200 - -156357

[図1] 木徒明の第1の磁気抵抗効果素子の基本構造を

川いることができる。 [図面の簡単な説明] 5.す 断 順図。

京す断面图

|図3| 木発明の第3の磁気抵抗効果素子の基本構造を

[図4] 本発明の第4の磁気抵抗効果素子の基本構造を

[図5] 木発明の第4の磁気抵抗効果素子の変形例の基

|図6| MOSトランジスタと強磁性二瓜トンネル接合 **ド格造を示す断面図**

[図7] 強磁性二重トンネル接合素子のビン層がピット 将子とを組み合わせたMRAMの等価回路図。

[図8] ダイオードと強磁性二低トンネル接合素子とを i インの┄部を構成する、図6のMRAMの断面図。 flみ合わせたMRAMの等価回路図 [149] 強磁性二重トンネル接合素子のピン関がピット ラインの一部を構成する、図8のMRAMの断面図。

[位10] 本発明の他のMRAMに用いられる強磁位二

食トンネル接合素子の断面図。

|図11] 本発明の他のMRAMに用いられる強磁性二 氏トンネル接合器子の断面図。

|図12| 本発明の他のMRAMに用いられる強磁性二 爪トンネル接合素子の断面図。

[図13]本発明に係るMRAMの例を示す断面図。

[図14] 本発明に係るMRAMの他の倒を示す断面

[図15] 本発明に係るトンネル接合型磁気抵抗効果業 子を含む磁気抵抗効果ヘッドを搭載した磁気ヘッドアセ

[図16] 図15に示す磁気ヘッドアセンブリを搭載し 7 プリの斜視図

[図17] 実施例1の試料AおよびBの磁気抵抗効果曲 **た磁気ディスク装置の内部構造を示す斜視図。** 散を示す図。 [図18] 実施例1の試料A、BおよびCについて磁気 [図19] 実施例1の試料A、BおよびDについて、バ 抵抗変化率の印加電圧依存性を示す図。

|図20| 実施例2の試料A2およびB2の磁気抵抗効 レス磁場の反転回数と出力電圧との関係を示す図。 児曲税を示す図。

[内22] 実施例2の試料A2、B2およびD2につい て、パルス磁場の反転回数と出力電圧との関係を示す 「磁気抵抗変化率の印加電圧依存性を示す図。

[図23] 実施例3の試料A3およびB3の磁気抵抗効

[図25] 実施例3の試料A3、B3およびD3につい て、バルス磁場の反転回数と出力電圧との関係を示す て磁気抵抗変化率の印加電圧依存性を示す図。

[図26] 実施例4の試料A4およびB4の磁気抵抗効 [図27] 実施例4の試料A4、B4およびC4につい 果曲線を示す図。

[図28] 実施例4の試料A4、B4およびD4につい て磁気抵抗変化率の印加電圧依存性を示す図。

て、パルス磁場の反転回数と出力電圧との関係を示す

[図30] 実施例5の試料A5およびB5の磁気低抗効 [図29] 実施例5におけるピン悶がピットラインの一 部を構成する磁気抵抗効果素子の断面図。

果曲線を示す図。

12

[図31] 実施例5の試料A5、B5およびC5につい て磁気抵抗変化率の印加電圧依存性を示す図。

[図32] 実施例5の試料A5、B5、D5およびE5 について、バルス磁場の反転回数と出力電圧との関係を

【図33】 実施例7の試料T1、T2およびT3につい 示す図。

[図34] 実施例7の試料T1、T2およびT3につい て、磁気抵抗変化率の印加電圧依存性を示す図。 て、接合幅と磁気抵抗変化率との関係を示す図。

[作号の説明] 22

10…磁気抵抗効果素子 11…第1の反強磁性層

12…第1の強磁性層

| 3…第1の誘電体層 14…第2の強磁性隔

17…第2の反強磁性限 15…第2の誘電体層 | 6…第3の強磁性層 ೫

2 0 …磁気抵抗効果紫子 2 1…第1の強磁性層

24…第1の反強磁性限 2 2…第1の誘電体層 2 3…第2の強磁性隔

25…第3の強磁性層

30…磁気抵抗効果器子 3 1…第1の反強磁性限 26…第2の誘電体層 27…第4の強磁性局 [例21] 実施例2の試料A2、B2およびC2につい

3 5…第2の反強磁性層 33…第1の誘電体閥 45

36…第3の強磁性圏 37…第2の誘電体局 [内24] 実施例3の試料A3、B3およびC3につい 50 38…第4の強磁性層

61 -

磁気抵抗効果素子も、び磁気配録素子

特開2001-156357

111…下地隔	112…第1の反強磁性層	113…第1の磁化固着層	114…第1の誘電体局	05 1 1 5 …磁気記録器	116…第2の誘電体層	117…第2の磁化固着層	118…第2の反強磁性層	1
39…作3の反動磁体層	4 0 …磁気模抗効果素子	41…第1の遊磁性層	42…第1の誘電体圏	4 3 … 第 2 の 強磁性層	4 4 … 第 1 の 非磁性層	4 5… 第3 の海磁性層	4 6 … 第 2 の 非磁性層	

122…第1の反強磁性層 123…第1の磁化固着層 10 121…下地層 4.7…第4の強磁性層 4 9 …第5の強硬性層 48…第2の誘電体層

60…トランジスタ 50…反強磁性的

6 2…ゲート電極(読み出し川ワードライン) 6 1…シリコン恭仮

62、63…ソース、ドレイン領域 7 1 …밥き込み川ワードライン

128…第2の反強磁性層

127…第2の磁化固結局

15 126…第2の誘電体層

124…第1の誘電体層

72…コンタクトメタル 7 3 …下地層

74…ビットライン 80... ダイオード

8 1 … 下地松

92…ビットライン 91…リードライン

101…下地桥

201...797222-97-4

22

202…サスペンション、 203…ヘッドスライダ

156…称2ワードライン

154…ピットライン

55…絶縁層

20 152 ... 7 - ドライン

151…Si 基板 153…金属配線

129…保護層

102…第1の反動磁性層

103…第1の磁化周着層

104…第1の誘進体層 105…磁気記錄層 | 0 6…第2の誘電体層

107…第2の磁化固溶層

108…第2の反強磁性層

[図]

214…ポイスコイルモータ

211…磁気ディスク 2 0 5…配極パッド

ಜ

204…リード線

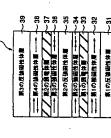
212…スピンドル

[図2]

[図3]

/馬2の以他体制/ /第1の数量は第/ 第1の反響磁体制 第2の反替接位属 第2の登録技術 第3の孫田住瀬 第1の協語性機

報1の常理和名画 /第2の数量体庫/ | 第1の日曜体理 第1の反訴服性層 あるのは現代が 第2の強縮性層



-156357

特開206

磁気抵抗効果素子および磁気配録素子

[9屋]

[图5]

[2]4]

新多の採田性体質

/ 第2の日電体層

4 * B

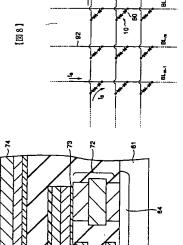
第3の協田性体展 第1の非磁性体度 第2の指磁性体度

第1の当面存存員

反響曲和

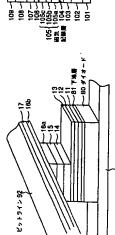
第1の整理和存職

[3]

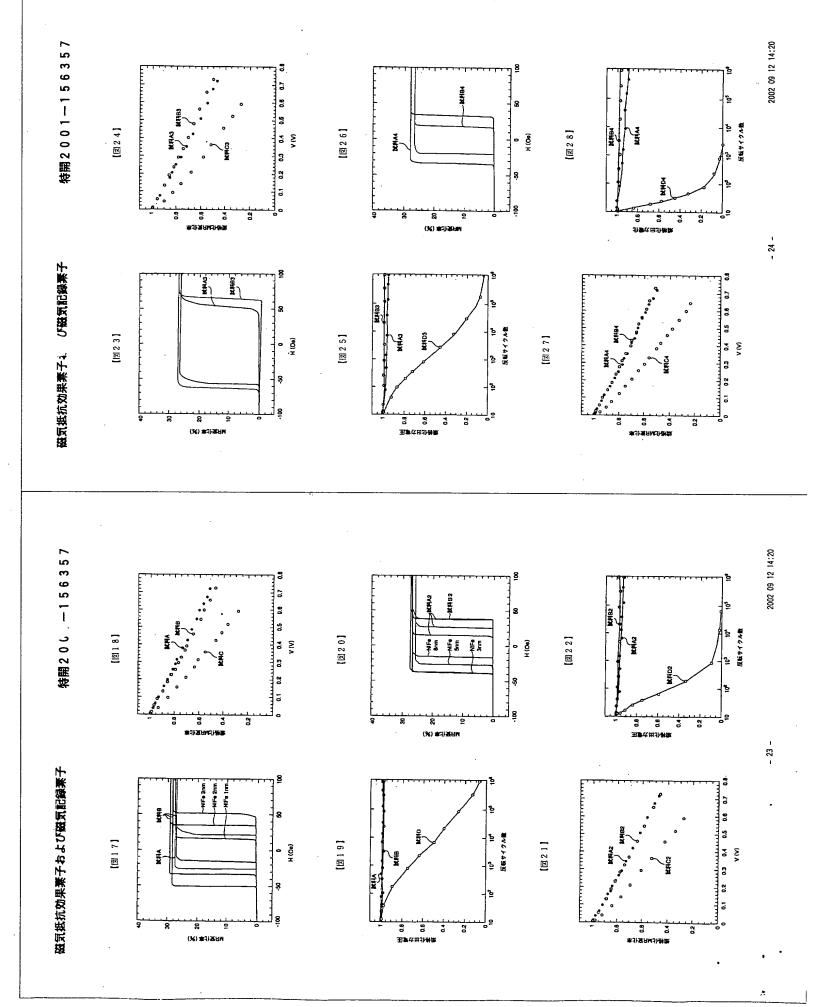


[図10]

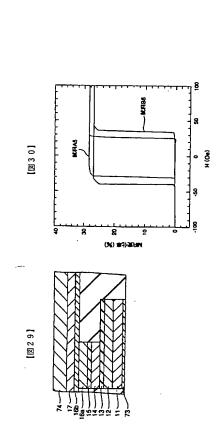
[图]

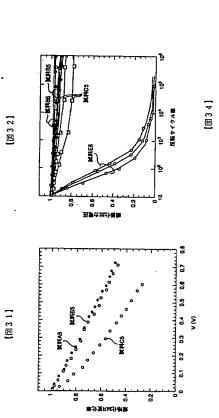


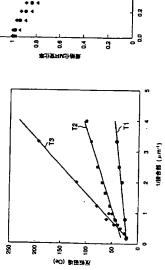
- 21 -



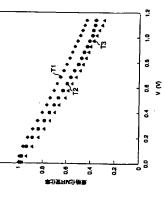








[333]



磁気抵抗効果素子1、び磁気配鉛素子

特開2001-156357

フロントページの税き

F 1	G 0 1 R 33/06
織別記号	
	43/12
(51) Int. Cl.?	H 0 1 L

テーマコード(参考)

٠	神奈川県川崎市拳区小向東芝町1番地 株	式会札斯芝研発開発センター内
岩		3
络侯 语一郎	多公司	光公司
(72) 発明者		

		祩	٠	
		東芝町1番地	9-内	
4	正之	神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地	式会社東芝研究開発センター内	a)
		1	景	漢
9	砂井	華	九公	逊
99/66 11.05	72) 発明者			72) 発明者

岸 流也	神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地	式会社東芝研究開発センター内
717	44	114
(72) 発明者		
	_	
	=	

- 26 -

- 22 -